



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY**

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**NÁVRH PRACOVIŠTĚ PRO DÍLČÍ MONTÁŽ  
KOMPRESORU KLIMATIZACE**

DESIGN OF A WORKPLACE FOR PARTIAL ASSEMBLY OF AN AIR CONDITIONING COMPRESSOR

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Bc. Miroslav Dračka

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Jiří Tůma, Ph.D.

BRNO 2021



# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Miroslav Dračka
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Tůma, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Návrh pracoviště pro dílčí montáž kompresoru klimatizace

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Závěrečná práce bude konstrukčního charakteru s cílem navrhnout pracoviště pro montáž komponent kompresoru klimatizace. Práce vzniká ve spolupráci s firmou TT stroje s.r.o. Pracoviště bude určeno pro jednoho pracovníka, který bude některé komponenty zakládat ručně, jiné budou zakládány automaticky. Pracoviště se bude skládat ze dvou technologických stanovišť, do nichž bude integrována kontrola přesnosti montáže i těsnosti dílčí sestavy. Bližší zadání bude specifikováno v práci.

### Cíle diplomové práce:

Přehled současného stavu a specifikace požadavků na pracoviště.

Analýza technologického cyklu.

Nutné technické výpočty a specifikace použitých komponent.

Návrh variant konstrukce a zdůvodnění výběru vhodné varianty.

Návrh pracoviště v libovolném CAD programu.

Výkresová dokumentace vybraných dílů, sestavy a kusovníky.

Zhodnocení návrhu pracoviště.

Závěr a doporučení pro praxi.

### Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.

Röhm: driven by technology [online], 2018. [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: [www.roehm.biz](http://www.roehm.biz).

GMT: ...in pursuit of perfection [online], 2018 [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: [www.gmt.co.in](http://www.gmt.co.in).

Hainbuch: workholding technology [online], 2018 [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: [www.hainbuch.com](http://www.hainbuch.com).

Kitagawa [online], 2018 [cit. 2018-09-06]. Dostupné z: [www.kitagawa.global/en](http://www.kitagawa.global/en).

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je konstrukční návrh jednoúčelového montážního zařízení pro lisování kruhových sedel do válců kompresoru klimatizace. Celá práce vede ke kompletnímu 3D modelu stroje včetně výkresové dokumentace. 3D model i výkresy byly vytvořeny v programu SOLIDWORKS.

## **ABSTRACT**

The subject of this master's thesis is the design of a single-purpose assembly device for pressing round seats into the cylinders of an air conditioning compressor. The whole thesis leads to a complete 3D model of the machine, including drawings. The 3D model and drawings were created in SOLIDWORKS.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Sedlo, válec Lower cylinder, kompresor klimatizace, lisovací stanice, pneumatický válec

## **KEYWORDS**

Seat, Lower cylinder, air conditioning compressor, press station, pneumatic cylinder



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DRAČKA, M. *Návrh pracoviště pro dílčí montáž kompresoru klimatizace*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2021, 76 s., Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Tůma, Ph.D.







## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych velice rád poděkoval Ing. Jiřímu Tůmovi, PhD. za mnohé rady, nápady a připomínky. Zároveň bych chtěl poděkovat i za jeho přístup a ochotu při konzultacích.

Dále bych chtěl poděkovat Vratislavovi Žitníkovi, který mi umožnil spolupracovat se společností TT Stroje s.r.o., s jejíž spoluprací byla tato práce vytvořena. Velký dík patří i Milanovi Kobzovi, který mi rovněž poskytoval cenné rady a připomínky.

V neposlední řadě bych velmi rád poděkoval celé svojí rodině, bez které by se moje studium nemohlo nikdy uskutečnit.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jiřího Tůmy, PhD. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 16.5.2021

.....

Dračka Miroslav



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>ROZBOR PROBLEMATIKY DLE ZADANÝCH PARAMETRŮ</b>	<b>17</b>
2.1	Specifikace zadání	17
2.1.1	Popis zařízení	17
2.1.2	Lisované komponenty	17
2.1.3	Pracovní proces stroje	19
2.1.4	Popis funkce zařízení	22
<b>3</b>	<b>POPIS SOUČASNÉHO RUČNÍHO LISU SEDLA DO VÁLCE</b>	<b>25</b>
3.1	Přípravek uchycení válce	25
3.2	Lisovací trn	26
<b>4</b>	<b>KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>27</b>
4.1	Podávání sedel	27
4.1.1	Popis konstrukčního řešení vibračního podavače	27
4.1.2	Popis konstrukčního řešení zastavování sedel	29
4.1.3	Popis konstrukčního řešení detekce řady	30
4.1.4	Výrobní takt stanice podávání sedel	31
4.1.5	Seznam nakupovaných komponent	31
4.1.6	Hotová stanice podávání sedel	31
4.2	Stanice kontroly orientace sedla	32
4.2.1	Popis konstrukčního řešení	32
4.2.2	Výrobní takt	35
4.2.3	Seznam nakupovaných komponent	35
4.3	Stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel	36
4.3.1	Popis konstrukčního řešení skluzu	36
4.3.2	Popis konstrukčního řešení zásobníku sedel	37
4.3.3	Hotová stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel	38
4.4	Stanice lisování sedel	39
4.4.1	Popis konstrukčního řešení upínače válce	39
4.4.2	Popis konstrukčního řešení lisovacího pojezdu	42
4.4.3	Popis konstrukčního řešení pohonu lisovacího pojezdu	47
4.4.4	Popis konstrukčního řešení těla lisu	50
4.4.5	Popis konstrukčního řešení přitlačné klapky	53
4.4.6	Seznam nakupovaných komponent	55
4.4.7	Hotová stanice lisování	56
4.5	Mechanismus přesouvání sedel	56
4.5.1	Popis konstrukčního řešení uchytávání sedel	56
4.5.2	Seznam nakupovaných komponent	62
4.5.3	Hotový mechanismus	63
4.6	Základní rám stroje	64
4.6.1	Popis konstrukčního řešení rámu stroje	64
4.7	Ochranné kryty	65
4.7.1	Popis konstrukčního řešení	65
4.8	Ovládací prvky stroje	66

4.8.1	Popis konstrukčního řešení .....	66
4.9	Bezpečnost práce na stroji .....	67
4.10	Pracovní ergonomie .....	69
4.10.1	Popis pracovních míst.....	69
4.11	Pracovní takt nového stroje.....	71
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>76</b>





# 1 ÚVOD

Klimatizace je dnes součástí života mnoha lidí. Snad každý člověk zná klimatizaci v automobilu nebo v budovách. Klimatizace se ale používají např. i ve zdravotnictví či v místnostech, ve kterých se nachází velké servery.

Klimatizace je zařízení, které se skládá z mnoha prvků. Nejdůležitějšími prvky jsou kompresor, kondenzátor, expanzní ventil a výparník. Všechny tyto prvky musí být zasazeny a spojeny v jednu pracující jednotku. Taková montáž se provádí ve velkých výrobních halách, ve kterých se kompletují sestavy na montážních zařízeních. Jedním z těchto montážních zařízení se zabývá právě tato diplomová práce.

Při navrhování konstrukce jednoúčelových montážních strojů musí konstruktér myslet na správnou funkci stroje. Protože jsou tyto stroje ale většinou vyráběny pouze v jednotkách kusů, bývají samotné stroje zároveň i testovacími modely. Proto musí konstruktér pamatovat dopředu i na vhodnou ergonomii stroje, aby se stroj dobře ovládal, dále pak na to, aby bylo možné jednotlivé díly stroje vyrobit.

Výroba dílů pak probíhá většinou na třískových obráběcích strojích v malých dílnách. Nákladné výrobky jako např. odlitky nejsou u takových strojů skoro vůbec k vidění. Jejich užití by bylo pro tyto účely příliš nákladné.



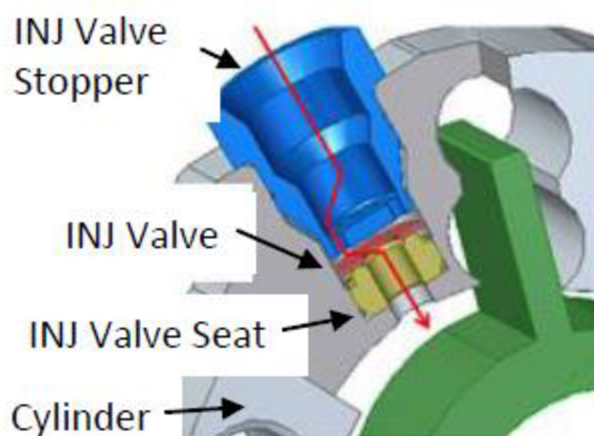
## 2 ROZBOR PROBLEMATIKY DLE ZADANÝCH PARAMETRŮ

### 2.1 Specifikace zadání

#### 2.1.1 Popis zařízení

Zadáním diplomové práce je konstrukční návrh jednoúčelového poloautomatického zařízení pro lisování komponenty sedla (Injection valve seat) do válce kompresoru (Lower cylinder) do výrobní firmy DAIKIN DEVICE Czech Republic s.r.o., Brno. Grafické znázornění je v práci uvedeno níže (Obr. 1). Dle zadání zákazníka jde o samostatně stojící stroj, který bude zasazen do výrobní linky. Tato výrobní linka nijak zvláště neovlivňuje stroj, pouze udává maximální možné zástavbové rozměry.

Stroj má tedy zalisovat sedlo do otvoru ve válci do požadované pozice a tím tak připravit tuto sestavu pro další výrobní zařízení, ve kterém dojde k nalisování tělesa vstříkovací trysky (Injection valve stopper).



Obr. 1 Schéma sestavy

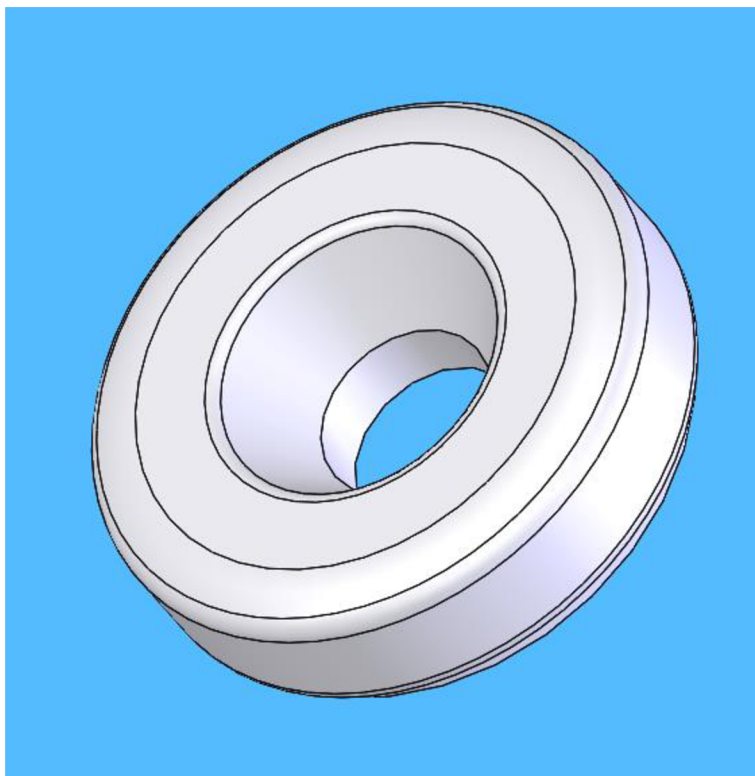
#### 2.1.2 Lisované komponenty

Jak již bylo zmíněno výše, stroj bude lisovat sedlo do válce kompresoru. Lisované sedlo je malý kroužek o průměru  $\varnothing 11,7$  mm a výšce 3,5 mm. Toto sedlo nemá dle zákazníka žádnou jinou variantu, která by jakkoli změnila jeho rozměry. Oproti tomu válec, do kterého bude sedlo lisováno, má několik výrobních variant. Nejde ani tak o varianty rozměrové, jako spíše o varianty z hlediska výrobního procesu samotného válce.

Sedlo je do válce nalisováno a po tomto zalisování dojde k několika obráběcím procesům na válci. Vyvrtají se některé otvory a povrch ploch válce je broušen. Proto je velmi důležité a pro pracovní proces stroje rozhodující určit, které otvory ve válci jsou před lisováním sedla ve válci již vyvrtané.

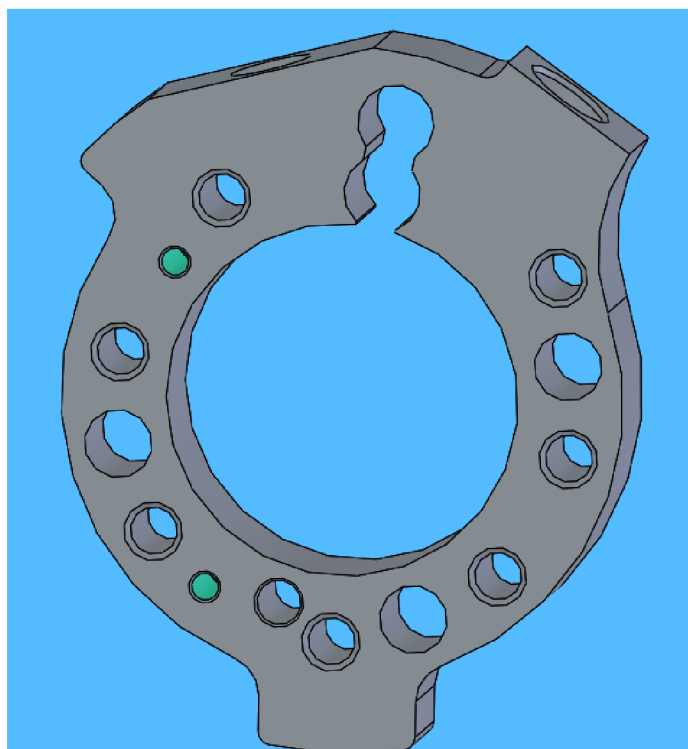
## Seznam lisovaných komponent s grafickým znázorněním

- Ventilové sedlo (Injection valve seat) – 1 ks



*Obr. 2 Ventilové sedlo*

- Válec kompresoru (Lower cylinder) – 1 ks



*Obr. 3 Válec*

Obě součásti jsou vyrobeny z konstrukčních ocelí. Protože je však sedlo již před touto operací obrobena na finální tvar a rozměr, je jeho povrch nitridován. Válec není nijak upraven, protože po skončení výrobního procesu na tomto stroji dojde ještě k jeho dalšímu obrábění.

### **2.1.3 Pracovní proces stroje**

Dle přání zákazníka má být stroj poloautomatický. Pracovník obsluhy vloží do stroje válec jenom jedním možným způsobem. Kruhová sedla vsype obsluha do zásobníku ve stroji a ten následně provede automatizovaně všechny kontrolní a montážní kroky.

#### **Vložení válce do stroje**

Obsluha stroje vezme z přistavených košů ve výrobní hale válec a umístí ho do stroje. Stroj pozná, zda byl válec do stroje vůbec umístěn a vyhodnotí, jestli obsluha vložila válec do stroje správně, tj. podle předem stanovených požadavků konstruktéra.

#### **Nasypání sedel do zásobníku ve stroji**

Stroj bude vybaven vibračním zásobníkem, do kterého obsluha nasype větší počet sedel.

#### **Kontrola správné orientace sedla**

Na Obr. 2 je možné vidět, že má sedlový kroužek z jedné strany na vnitřní hraně sražení. Plocha s tímto sražením musí směřovat ven z těla válce. Proto je nutné do stroje zakomponovat mechanismus pro kontrolu orientace sedla. Tento mechanismus zkontroluje orientaci sedla po tom, co je vibrační zásobník vsune do stroje.

#### **Umístění sedla na lisovací trn**

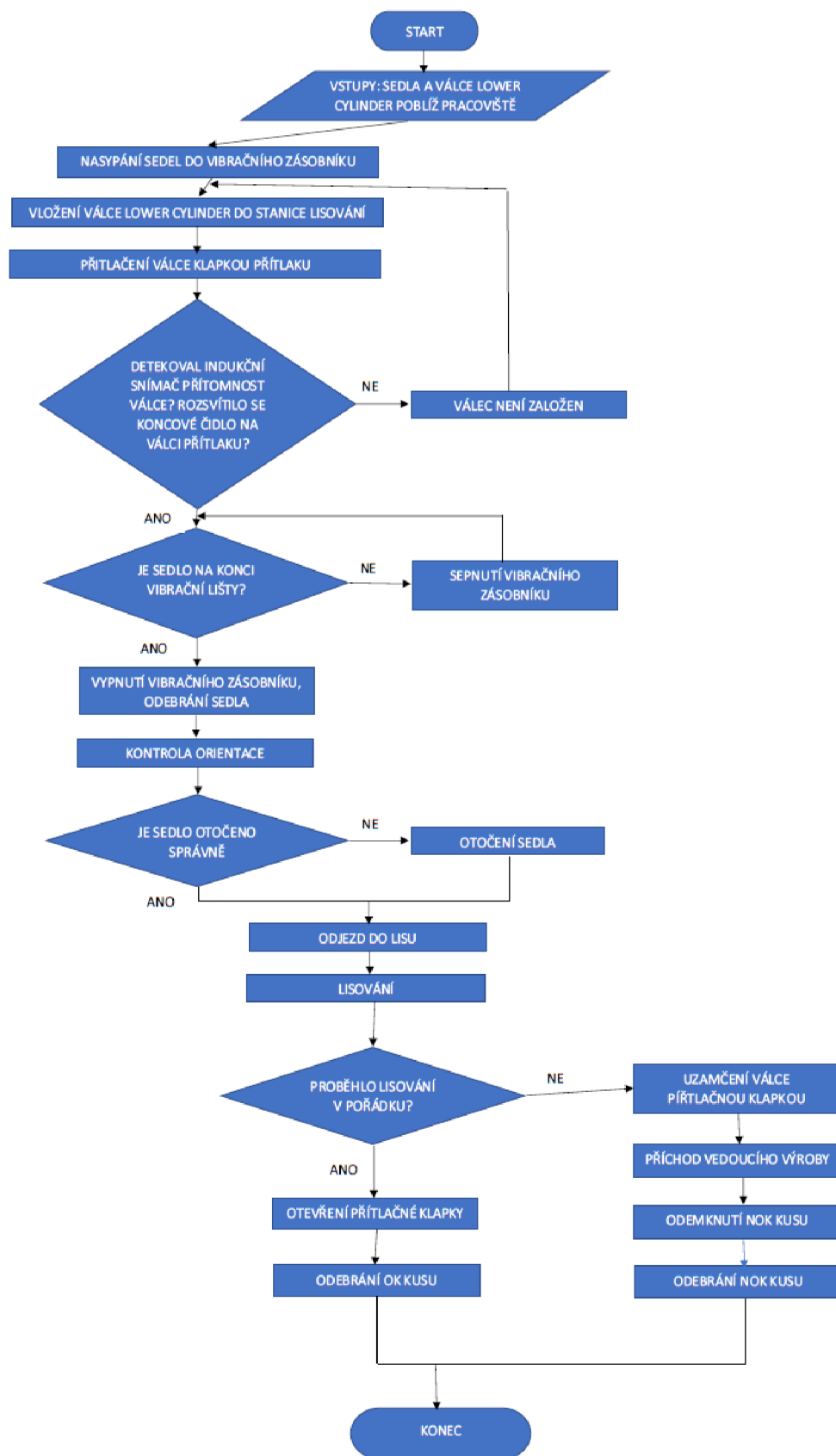
Po kontrole orientace dojde k přemístění sedla na trn lisu.

#### **Lisování**

Když je sedlo umístěno na trnu lisování, dojde k samotnému procesu zalisování sedla do těla válce. Lisování bude probíhat pomocí kuličkového šroubu poháněného servomotorem. Tímto způsobem je možné kontrolovat správnou hloubku zalisování sedla a správnou sílu zalisování, která byla zákazníkem stanovena na 3 800 N.

#### **Uvolnění zkompletované sestavy**

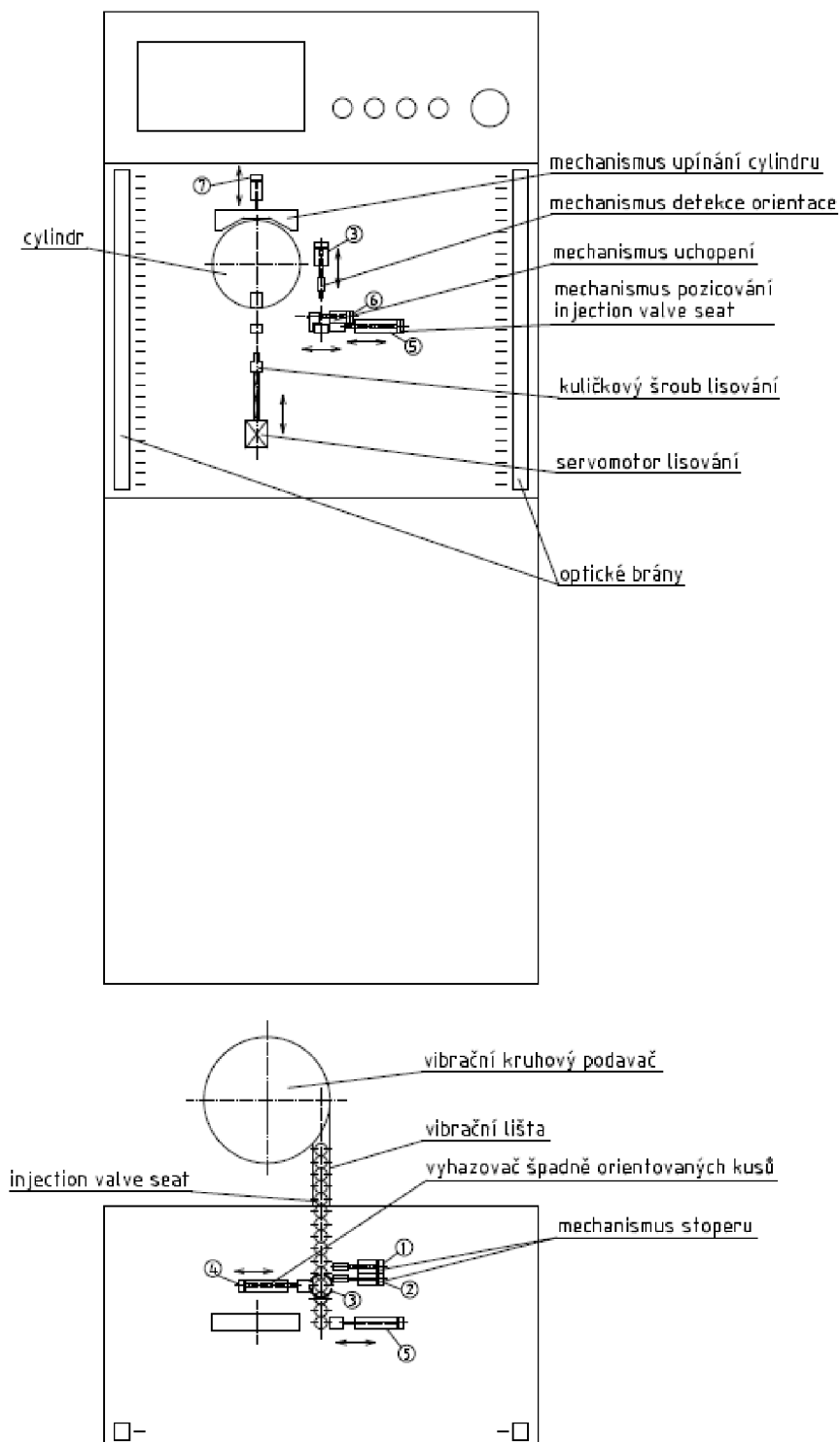
Poté, co je sedlo nalísováno do válce, dojde k uvolnění celé sestavy a obsluha může vyjmout celou sestavu ze stroje a umístit ji do předem připraveného koše pro odvoz k dalším technologickým procesům.



Obr. 4 Znárodnění algoritmu stroje

## Předběžné schéma stroje

Podle výše uvedených pracovních cyklů bylo vytvořeno předběžné schéma stroje (Obr. 5), ze kterého bude vycházet pozdější návrh celého zařízení.



Obr. 5 Schéma stroje

## 2.1.4 Popis funkce zařízení

Zadavatel, a tedy koncový zákazník tohoto stroje, předem stanovil, jak budou některé operace prováděny a jakými komponenty má být stroj osazen.

### Pohon

Pro pohon lisování je předem stanoveno, aby bylo užito pneumatických prvků nebo servomotorů. Zakládání součástí do stroje bude, jak již bylo zmíněno výše, provádět pracovník obsluhy stroje. Zákazník z tohoto důvodu požaduje pokayoke orientaci válce i sedla, aby nemohlo dojít k lidské chybě.

### Řízení stroje

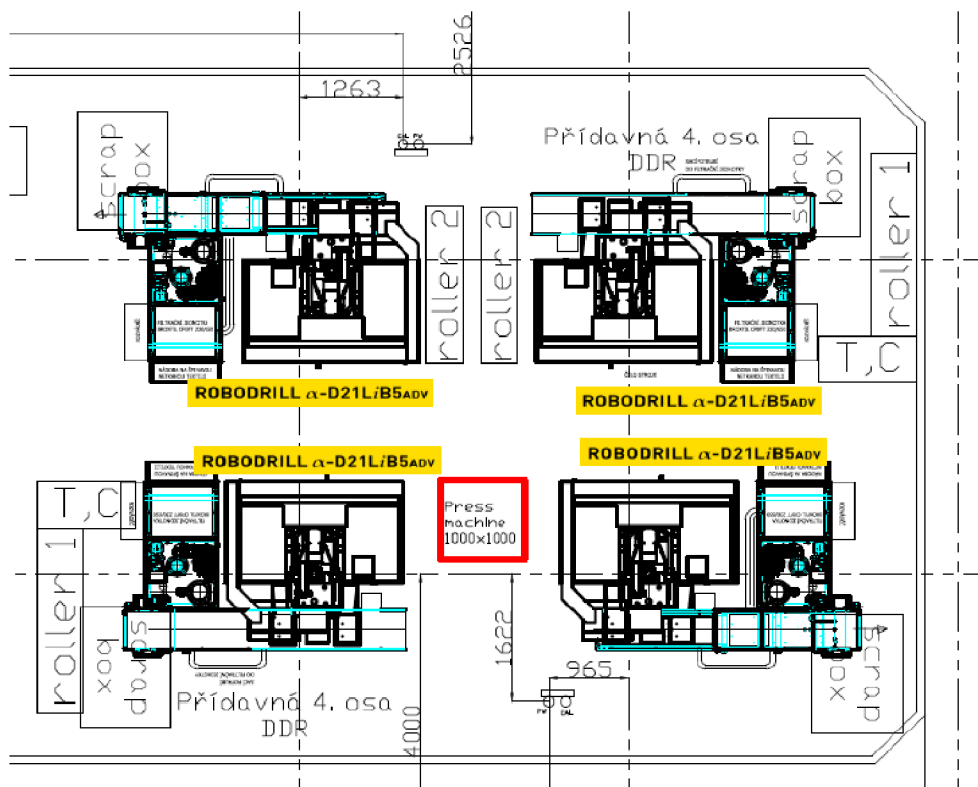
Zařízení bude vybaveno samostatným řídicím PLC systémem, které vyhodnotí hloubku zalisování sedla a bude monitorovat velikost síly lisování. Samozřejmostí vyhodnocovacích operací je kontrola správného dokončení operace, kontrola pozic jednotlivých přípravků a mechanismů.

### Bezpečnost

Stroj musí být bezpečný pro pracovníky obsluhy, musí splňovat všechny legislativní požadavky (včetně CE certifikace). Musí být zaručen dostatečný prostor pro manipulaci a ponechána rezerva pro budoucí modely. Proto bude stroj osazen vnějšími kryty, aby se do pracovního prostoru nemohl pracovník obsluhy nijak dostat. Otvor pro zakládání a odebrání válců bude osazen optickými branami, které tvoří bezpečnostní prvky.

### Layout

Rozměry a umístění stroje jsou znázorněny na Obr. 6.



Obr. 6 Rozměry stroje

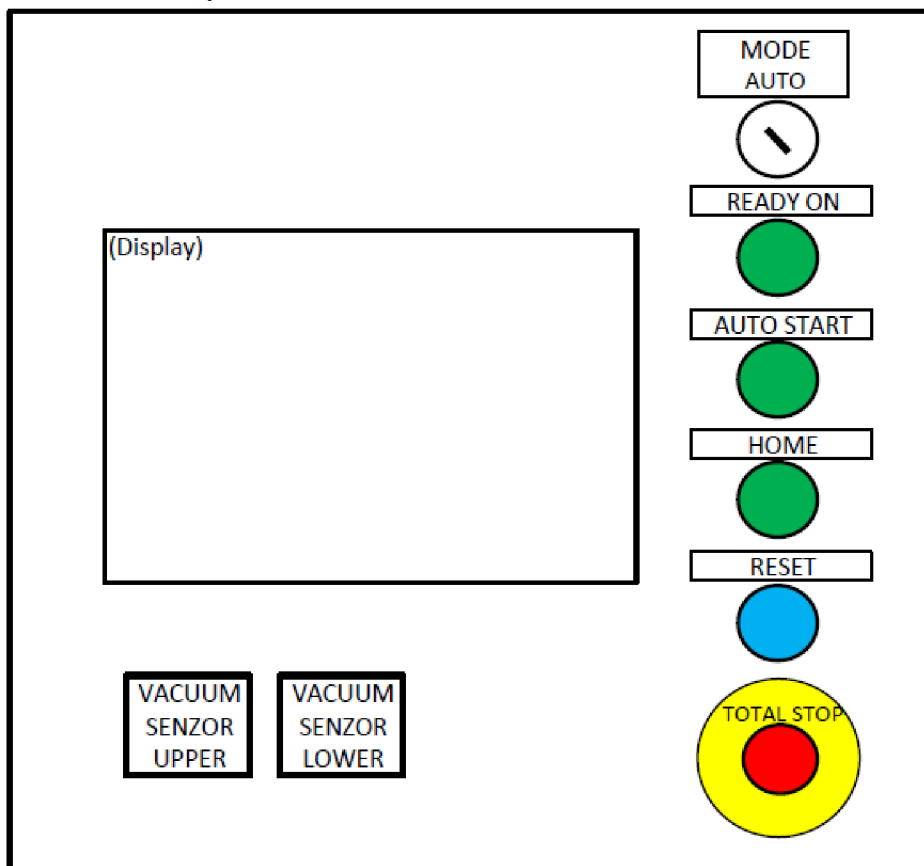


## Technické parametry

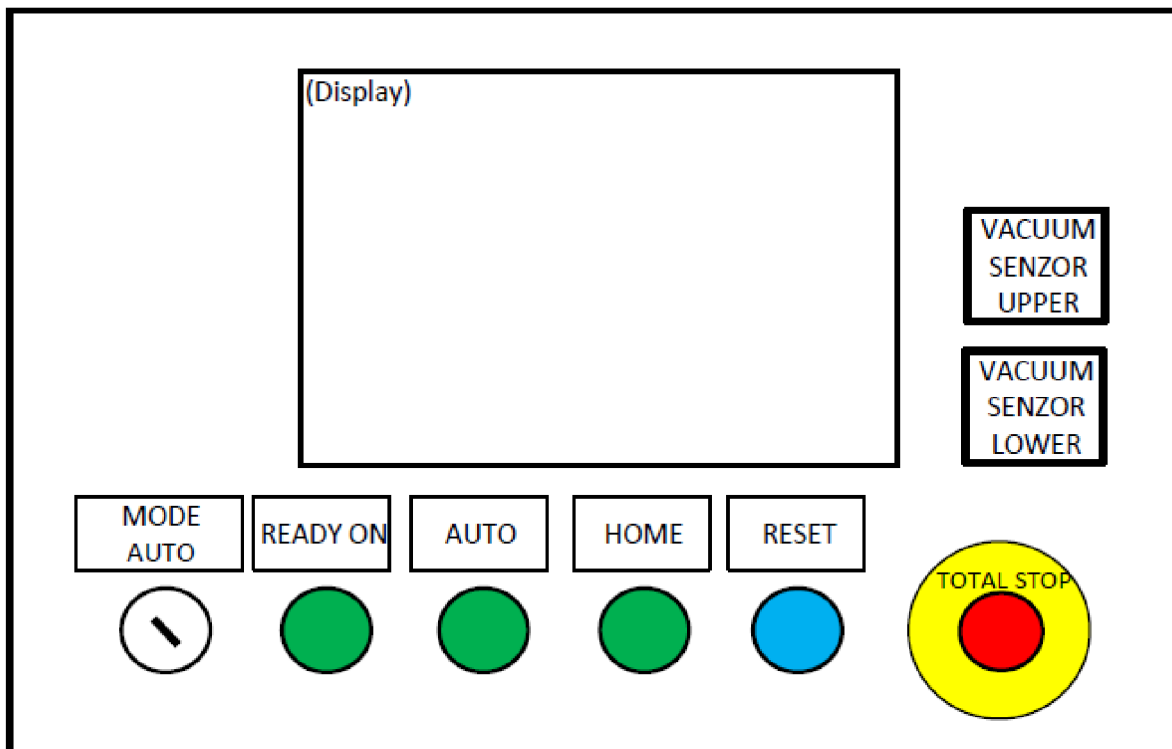
Zadavatel stroje podal požadavek na jednotlivé parametry stroje:

- Napájení: 3x200 V, v síti TN C, 50 Hz
- Rozvody plynů: Tlakový vzduch 0,55-0,7 MPa
- Automatické vs. manuální ovládání: Zařízení musí být schopno fungovat v automatickém nebo v manuálním provozu ve všech krocích (ovládání přes touch panel nebo přes tlačítka). V případě užití touch panelu je požadována minimální velikost displaye 10“.
- Signální maják: Červená – svítí – Alarm, nouzové zastavení  
Oranžová – svítí – Plně automatický provoz  
Zelená – svítí – Manuální provoz, zastavení cyklu
- Akustický signál: Porucha – přerušovaný zvuk 3 s
- Řídicí systém: Mitsubishi, program PLC ve formě Ladder
- Senzory: Omron, složitější aplikace Keyence (optické brány, laserové senzory...)
- Elektrokomponenty: libovolné, přednostně Schneider
- Pneumatika: SMC
- Životnost: Zařízení musí být dimenzováno na životnost převyšující značně standardní záruční dobu.
- Barva lakovaných dílů: RAL 7044
- Maximální půdorysové rozměry: dle layoutu
- Obsah manuálu: Návod k obsluze  
Výkresy  
PLC program včetně komentářů  
Plán údržby  
Seznam náhradních dílů  
Certifikace

Zákazník dále uvedl rozložení ovládacího panelu ve dvou variantách:



Obr. 7 Rozložení ovládacího panelu - varianta 1



Obr. 8 Rozložení ovládacího panelu - varianta 2

## 3 POPIS SOUČASNÉHO RUČNÍHO LISU SEDLA DO VÁLCE

Společnost DAIKIN DEVICE Czech Republic s.r.o., Brno používá v současné době pro lisování sedel do válců ruční mechanický lis. Protože však tento stroj nedisponuje žádnou elektronikou, která by jakkoli vyhodnocovala sílu zalisování či kontrolovala pozici zalisování, bylo nutné vznést požadavek na vytvoření nového stroje. Současný ruční lis navíc nekontroluje ani správnou orientaci válce nebo sedla. Nový stroj je tedy nezbytný pro dosažení kontroly správnosti kompletace sestavy.

### 3.1 Přípravek uchycení válce

Pro uchycení válce na současném ručním lisu využívá zákazník válcový trn, na který se nasune válec přes největší středový otvor ve válci. Aby byla zajištěna správná pozice natočení válce vůči lisovacímu trnu, je v přípravku zalisovaný poziční kolík (Obr. 9).



*Obr. 9 Lisovací přípravek*

Jak je vidět na obrázku, na tomto přípravku není možné nijak zaaretovat válec ve stroji a zamezit tak axiálnímu pohybu válce po středovém trnu.



*Obr. 10 Nasunutý válec v přípravku uchycení*

## **3.2 Lisovací trn**

Když je válec nasunutý na přípravek uchycení, musí obsluha ručně umístit sedlo na lisovací trn. V tomto případě také nedochází k žádné kontrole, zda je sedlo na trn nasunuto ve správné orientaci. Pracovník obsluhy tedy vsune sedlo na trn zespodu a pomocí pneumatiky je sedlo drženo na trnu.

Následně je otočením páky sedlo zalisováno do válce tzv. na doraz. Po zalisování je páka otočena zpět do výchozí polohy a válec i s nalisovaným sedlem je možné ze stroje vysunout a odložit do předem připravených košů.

## 4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

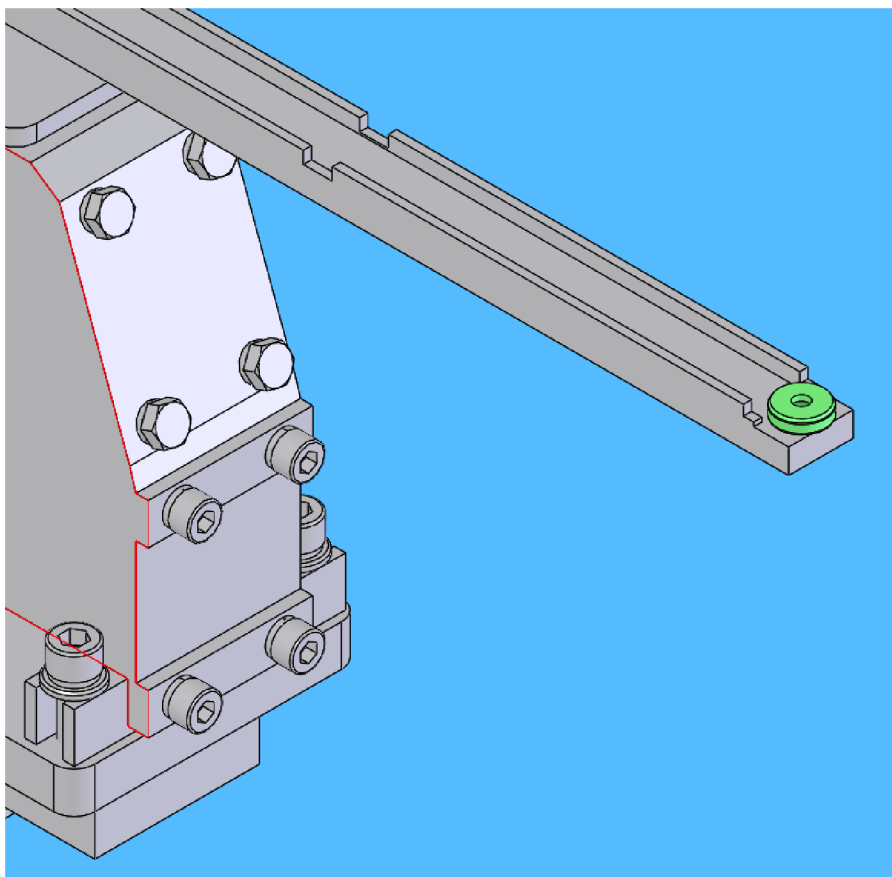
V této části práce je podrobně popsána každá část nového stroje. Jednotlivé podkapitoly představují podsestavy stroje a jsou psány chronologicky tak, jak byly postupně navrhovány. Protože jde však o jednoúčelový stroj, kde každá část velmi úzce souvisí s ostatními částmi stroje, je možné, že se některá podkapitola odkazuje na jinou, popsanou níže, protože bylo v průběhu konstrukce nutné vyřešit např. zástavbu podsestav ve stroji pro správnou funkčnost.

### 4.1 Podávání sedel

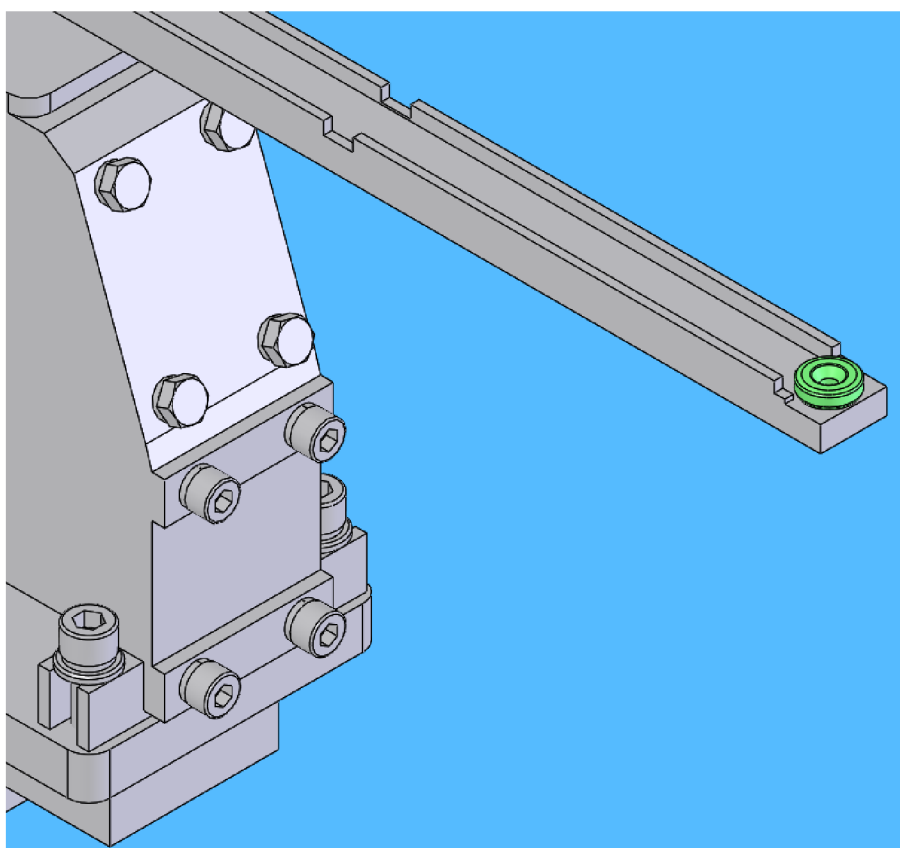
#### 4.1.1 Popis konstrukčního řešení vibračního podavače

Firma DAIKIN DEVICE Czech Republic s.r.o., tedy zadavatel stroje, specifikoval zakládání sedel do stroje. Dle přání zákazníka mají být sedla vsypány do stroje z technologické krabice. Stroj by si pak sedla měl podávat sám v automatickém režimu. Z tohoto důvodu se pro funkci podávání sedel ve stroji užívalo vibračního zásobníku.

Vibrační zásobník je do nového stroje dodáván externí firmou. Je schopen dopravit sedla po výstupní liště ve dvou možných orientacích, tj. ve správné (Obr. 11) a v nesprávné orientaci - otočené o 180° (Obr. 12).



*Obr. 11 Vibrační zásobník se správně orientovaným sedlem*



*Obr. 12 Vibrační zásobník s nesprávně orientovaným sedlem*

Kvůli této skutečnosti bylo nutné do stroje nějakým způsobem zakomponovat mechanismus či nějakou kontrolní stanici, která rozpozná, jak je sedlo na konci výstupní lišty orientované.

Kontrolní stanice orientace byla vytvořena až po nakreslení stanice podávání sedel, proto bude její konstrukční řešení popsáno níže.

## 4.1.2 Popis konstrukčního řešení zastavování sedel

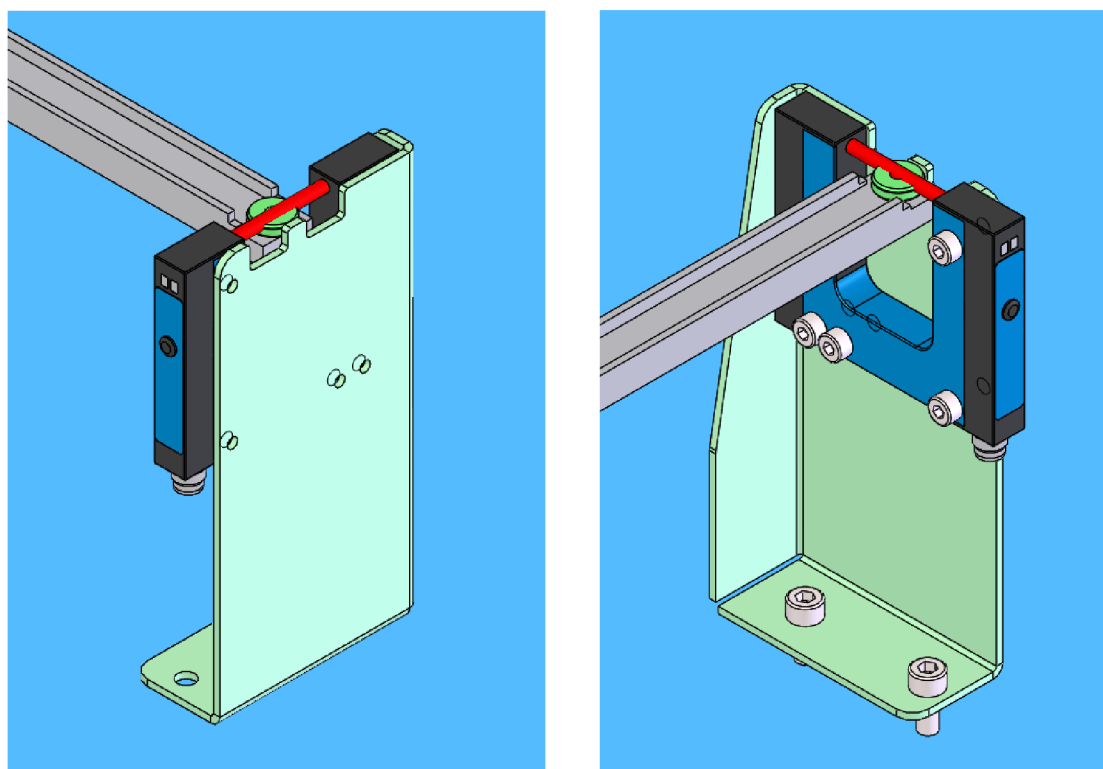
Po tom, co je jakkoli orientované sedlo přesunuto po vibrační výstupní liště na její konec, je nutné jeho pohyb zastavit. Toto je provedeno z toho důvodu, aby nemohlo sedlo spadnout nikam do stroje a také, aby byla přesně definována jeho poloha pro uchopení mechanismem přesouvání.

### Konstrukční možnosti zastavení a detekce sedla

Zastavovat sedla na konci výstupní lišty mohlo být provedeno pneumaticky vysouvaným palcem, který by na základě signálu detekčního snímače otevřel nebo zavřel cestu sedla na konec vibrační lišty. Toto řešení by však vyžadovalo, jak již bylo zmíněno, využít pneumatický prvek, který by byl pro takovou činnost nadbytečně nákladný. Zároveň by toto řešení kvůli zástavbovým rozměrům pneumatického válce neumožňovalo použít detekční snímač, protože by se do takto drobného mechanismu nikam nevešel.

### Použité řešení

Pro zastavení sedla na konci vibrační lišty byl použit plechový doraz, na který bylo možné zároveň uchytit detekční snímač, který zaznamenává, že se sedlo nachází právě na konci vibrační lišty. Toto řešení je oproti pneumatickému zastavování výrazně levnější, protože odpadá nutnost nákupu pneumatického válce a komponent nutných pro jeho chod. Plechový stoper je pochopitelně možno navrhnout tak, aby k němu bylo možné přichytit detekční snímač, který rozhoduje o tom, zda je sedlo na konci vibrační lišty nebo ne.



*Obr. 13 Stoper sedel s detekčním snímačem*

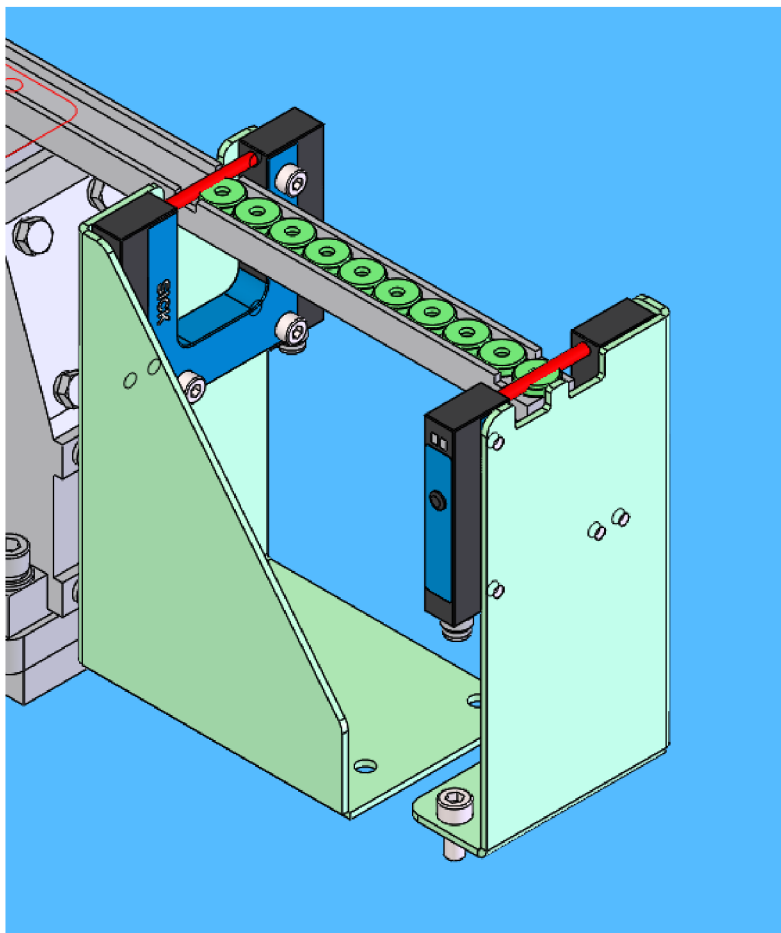
Při řešení situace, kdy bylo nutné detekovat přítomnost sedla na konci výstupní lišty vibračního zásobníku, došlo k vzniku problému využití snímačů od přednostně preferovaného dodavatele senzory KEYENCE.

Kvůli velmi malým rozměrům sedel ( $\varnothing 11,7$  mm,  $h=3,5$  mm) bylo nutné do stroje zakomponovat i malý snímač této koncové pozice.

Společnost KEYENCE nabízí rozsáhlé množství snímačů, které by mohly sedlo na konci lišty detekovat. Bohužel žádný z těchto snímačů není tak malých rozměrů, jako je laserový senzor společnosti SICK. Proto byl pro detekci sedla na konci výstupní lišty vibračního dopravníku použit malý vidlicový snímač právě od firmy SICK.

### 4.1.3 Popis konstrukčního řešení detekce řady

Vibrační zásobník, jak už z jeho názvu vyplývá, se po uvedení do chodu rozvibruje a začne podávat kruhová sedla na výstupní lištu. Když je výstupní lišta již zaplněná sedly, není nutné, aby vibrační zásobník nadále vibroval a podával další sedla. Tyto součásti by na výstupní liště neměly místo, a tak by padaly zbytečně zpět do vibračního zásobníku. Z tohoto důvodu bylo nutné k výstupní liště zakomponovat čidlo detekující z části zaplněnou výstupní lištu.



*Obr. 14 Detekce řady sedel*

Pro detekování řady sedel na výstupní liště zásobníku byl použit stejný snímač jako tomu bylo při snímání pozice sedla na konci výstupní lišty. V tomto případě opět rozhodly zástavbové rozměry snímače. Při použití snímačů od společnosti KEYENCE by bylo nutné rozšířit celou stanici podávání sedel, což by vedlo k rozšíření koncových rozměrů celého stroje. Tím by však došlo k porušení zadání zákazníka, který by tak nový stroj nebyl schopen zasadit do layoutu ve výrobní hale.



#### 4.1.4 Výrobní takt stanice podávání sedel

Vibrační zásobník je schopen podávat sedla v taktu 1 sedlo za 2 sekundy. Z celkového taktu 1 hotový výrobek za 60 sekund tak pro ostatní mechanismy zůstává dostatečný čas pro provedení zbylých operací.

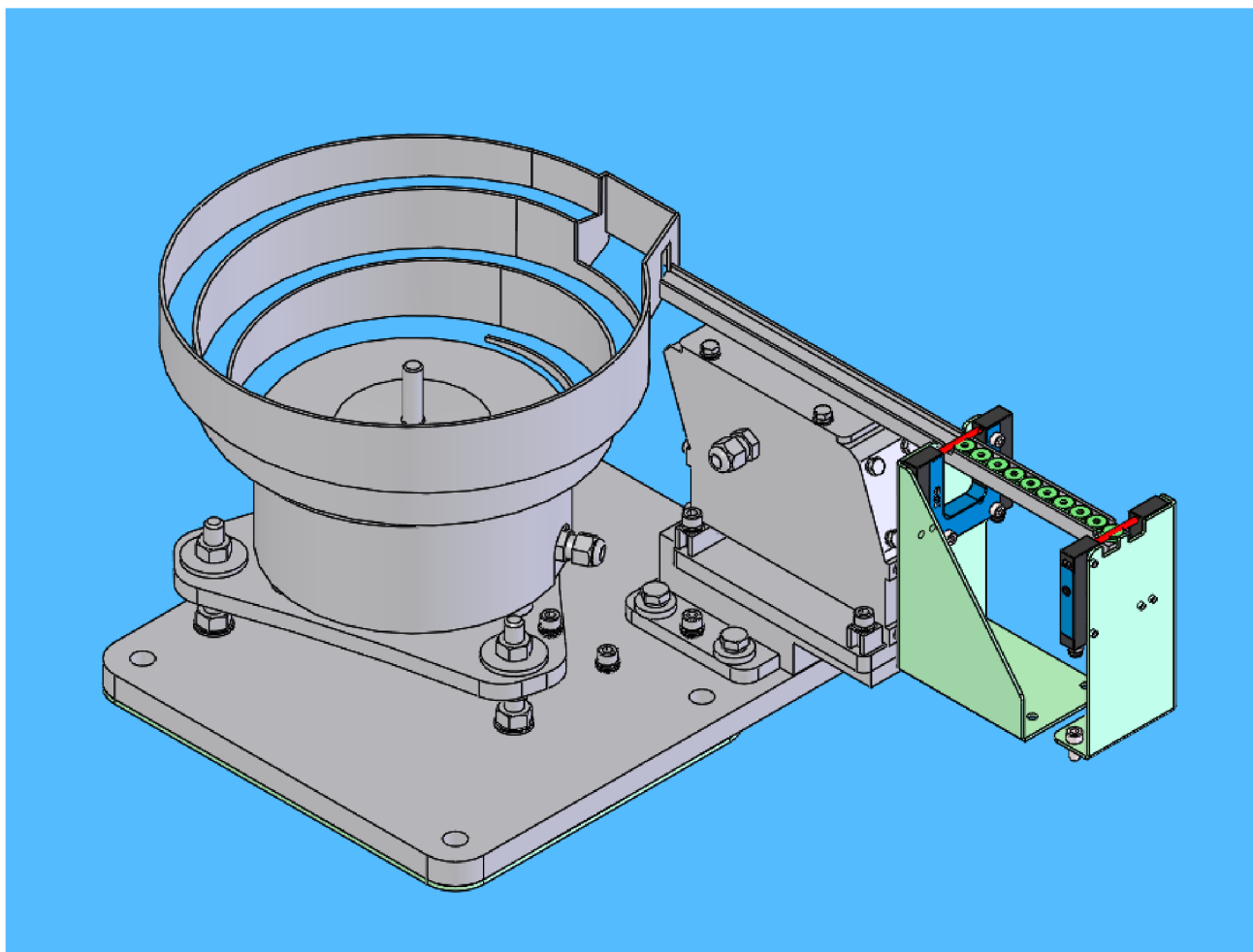
#### 4.1.5 Seznam nakupovaných komponent

Pro sestavení kompletní stanice podávání sedel bylo nutné nakoupit tyto komponenty:

Vibrační podavač firma ROX Příbram	1 ks
Vidlicový snímač WFL30-40B416	2 ks

#### 4.1.6 Hotová stanice podávání sedel

Celý mechanismus podávání sedel byl navržen se zástavbovými rozměry 502x305x225 mm. Stanice byla pak ke stroji připevněna po částech. Vibrační zásobník je uchycen přes svoji základovou desku přímo k rámu pomocí čtyř šroubů M12x25. Stoper a držák čidla detekce řady byly pak přichyceny k základové desce mechanismu přesouvání sedel, jehož popis je uveden níže.

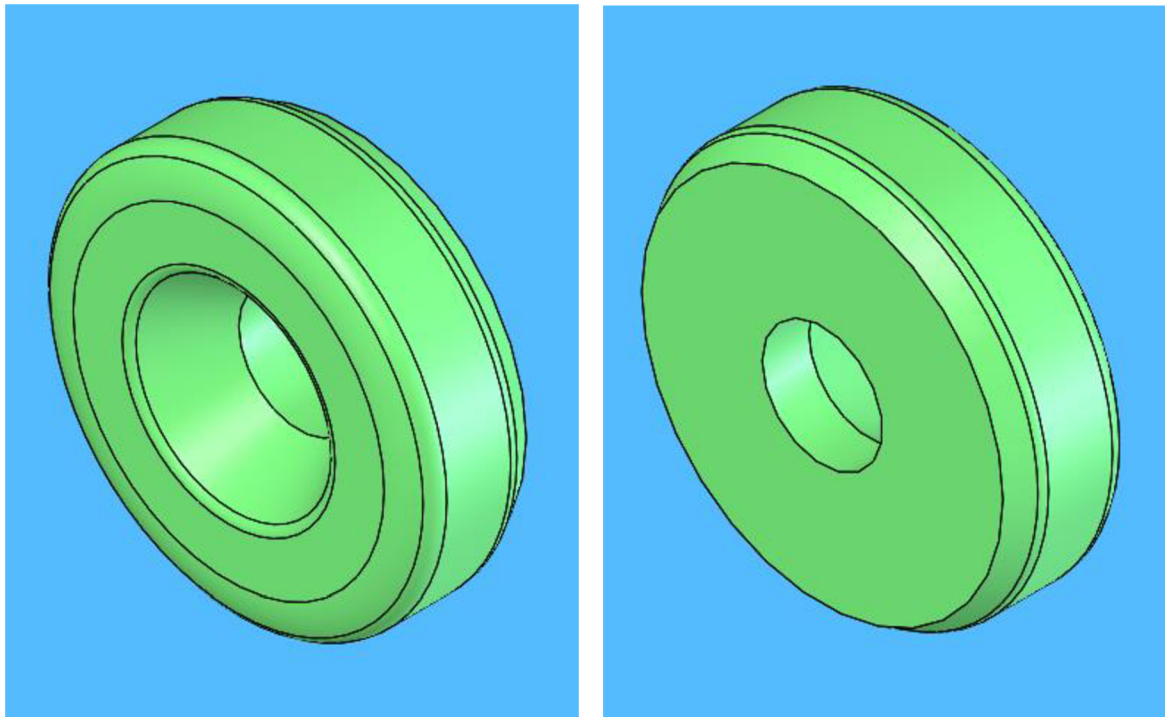


*Obr. 15 Celá stanice podávání sedel*

## 4.2 Stanice kontroly orientace sedla

### 4.2.1 Popis konstrukčního řešení

Jak již bylo zmíněno výše, sedla, která mají být lisována do válců, nejsou symetrická. Na jedné ze svých plochých stran je sražena jedna z hran, čímž je vytvořen větší kruhový otvor, než je na protější ploché straně. Vibrační podavač ale není schopen tento rozdíl detekovat a podávat tak pouze „správně“ otočená sedla. Z tohoto důvodu bylo nutné do stroje zakomponovat kontrolní stanici, která bude schopná detekovat, jak je sedlo otočeno.



*Obr. 16 Model kruhového sedla - vlevo sražená hrana vnitřního otvoru*

#### **Konstrukční možnosti**

Pro kontrolu orientace sedla bylo možno použít několik variant detekce správné orientace.

Kontrolu orientace by šlo provádět pomocí pneumatického válce. Sedlo by bylo přemístěno mechanismem přesouvání na dosedací plochu měření, kam by bylo sedlo posazeno. Následně by na sedlo shora zatlačil palec na pneumatickém válci. Podle tohoto zdvihu pneumatického válce by bylo možné určit aktuální orientaci sedla, a to za pomoci koncových snímačů v C-drážkách ve válci. Tato varianta by však měla za následek nákup pneumatického válce včetně komponent potřebných k uvedení válce do chodu. Protože je ale sražení, do kterého by se kontrolní palec vsouval, velmi malé (sražení hrany je  $2 \times 45^\circ$ ), bylo by nutné použít analogový lineární snímač.

Celá tato varianta by samozřejmě svoji funkci plnila správně, ale zvýšila by se tak cena stroje. Zároveň by tato varianta byla složitější na případný servis, kdy by bylo nutné seřizovat chod pneuválce včetně ustavení lineárního snímače v C-drážce.

Další možností, jak orientaci kontrolovat, je přiblížení sedla v mechanismu přesouvání k indukčnímu snímači. Tato varianta řešení by pracovala bez použití pneumatiky a bez použití analogového snímání. Výsledkem takového řešení by bylo výrazné snížení nákladů na nakupované komponenty.

## Pokusná kontrola orientace

Protože jsem si nebyl při konstrukci kontrolní stanice jistý, zda bude indukční snímač správně detekovat orientaci sedla, musel jsem nejprve jeho funkci ověřit pokusem a později případně toto řešení použít v novém stroji.

Pro pokus jsem tedy potřeboval samotné indukční čidlo. K dispozici jsem měl čidlo SICK IME08-06N, ke kterému byl připojen zdroj energie. Dále jsem vytvořil velmi jednoduchý model držáku tohoto čidla v CAD softwaru a držák dal následně vytisknout na 3D tiskárně. Po vytisknutí jsem mohl pokus vyzkoušet a ověřit si tak správnou funkčnost čidla.



*Obr. 17 Pokus - správně orientované sedlo*



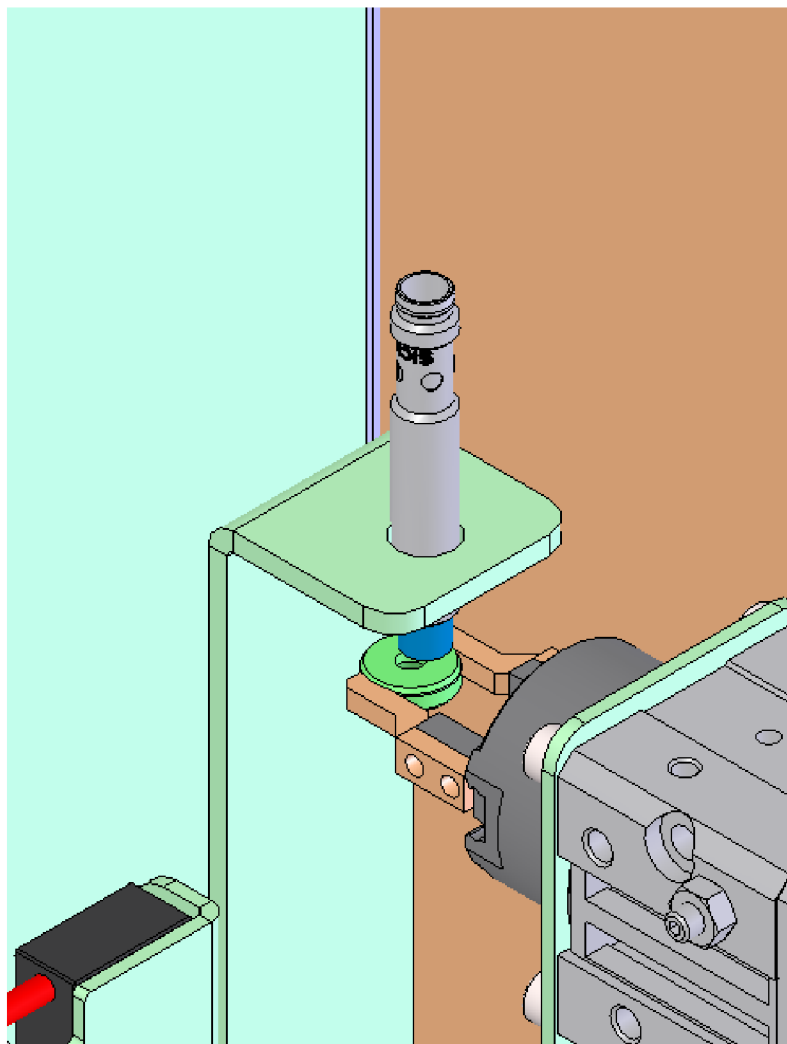
*Obr. 18 Pokus - nesprávně orientované sedlo*

Dle obrázků výše (Obr. 17 a Obr. 18) je zřejmé, že indukční snímač může být pro tuto úlohu použit. V případě, kdy bylo sedlo otočeno správnou plochou vzhůru, tedy blíže k snímací ploše čidla, snímač sepnul. Na Obr. 17 je vidět, že indikační kontrolky na čidle se rozsvítily žlutě.

V opačném případě, tedy když bylo sedlo otočeno nesprávnou plochou vzhůru (Obr. 18), čidlo nezaznamenalo přítomnost dostatečného množství materiálu pod detekční ploškou, a tak zůstaly indikační kontrolky zhaslé.

## Použité řešení

Pro kontrolu správné orientace sedla bylo využito indukčního snímače. Metoda s indukčním snímačem je výrazně levnější než metoda kontroly pneumatickým válcem. Její funkčnost byla i experimentálně ověřena, proto bylo zvoleno takto.



*Obr. 19 Náhled na kontrolní stanici orientace sedla*

### 4.2.2 Výrobní takt

Z hlediska výrobního taktu samotného čidla trvá doba detekce správné orientace zlomky sekund. Čidlo by rozpoznalo orientaci sedla i kdyby mechanismus přesuvu pod snímačem vůbec nezastavil. Z tohoto důvodu je také toto řešení velmi vhodné, protože při kontrole otočení pomocí pneumatického válce a palce by muselo být sedlo odloženo na měřicí plochu a následně by na sedlo palec tlačil. Tímto by velmi narostl celkový čas výroby jednoho kompletního výrobku.

### 4.2.3 Seznam nakupovaných komponent

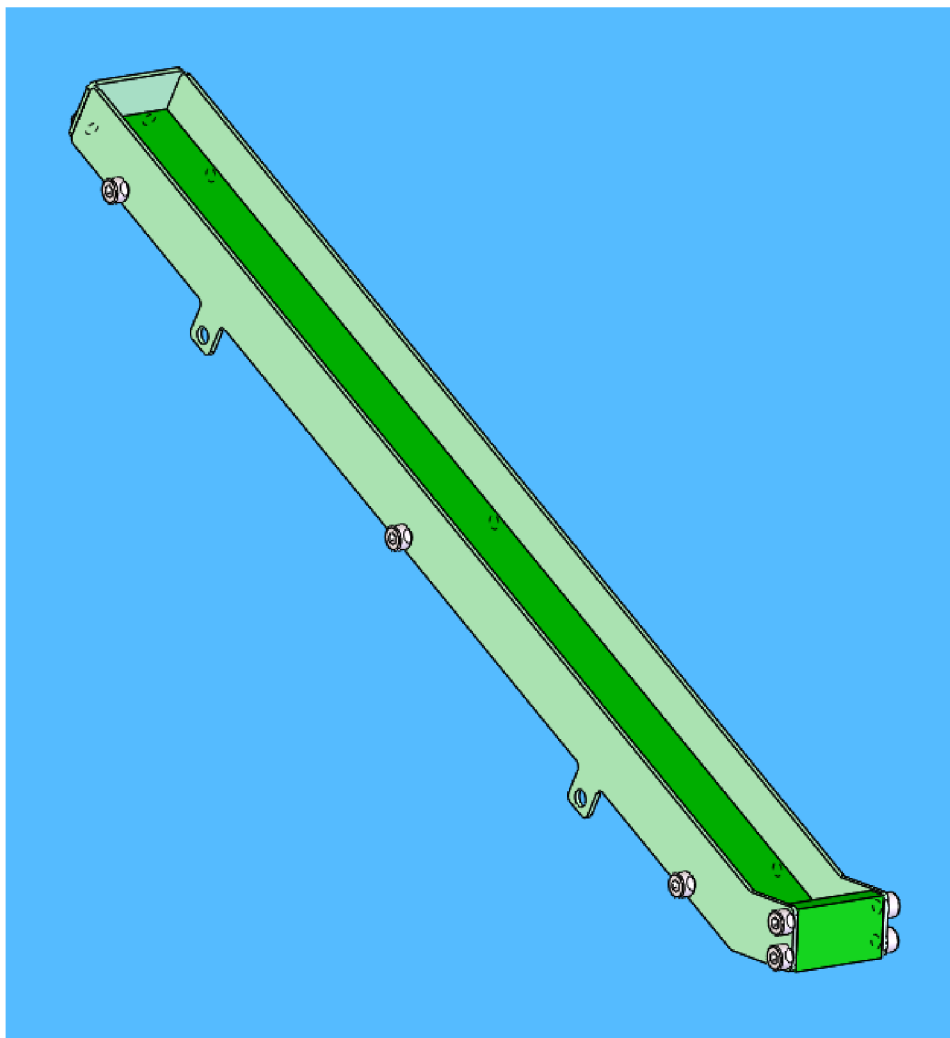
Pro sestavení kompletní stanice kontroly orientace sedla bylo nutné nakoupit tyto komponenty:

Indukční snímač SICK IME08-06N	1 ks
--------------------------------	------

## 4.3 Stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel

### 4.3.1 Popis konstrukčního řešení skluzu

V případě, že kontrolní stanice orientace sedla zjistí, že je sedlo orientováno nesprávně, je nutné sedlo odhodit z čelistí mechanismu přesouvání.



*Obr. 20 Skluz nesprávně orientovaných sedel*

Jak je vidět na Obr. 20, sedlo je odhozeno čelistmi mechanismu přesouvání do skluzu, který navede nevhodně otočené sedlo do zásobníku. Samotná skluzavka je tvořena plastovým základem, aby nedocházelo k mechanickému poškození sedel. Na konci skluzu je přichycena plastová zarážka, respektive brzda, která zabrání sedlům v opuštění ze skluzavky příliš velkou rychlostí, což by mohlo vést k vypadnutí sedla ze stroje na podlahu ve výrobní hale.

## 4.3.2 Popis konstrukčního řešení zásobníku sedel

### Konstrukční možnosti

Jedna z možností, kam odhazovat nesprávně orientovaná sedla, je zpět přímo do vibračního zásobníku. Toto by bylo možné provést pomocí sestavy pneumatických válců, které by dopravily sedlo na skluz. Skluz by pak součástí navedl přímo do zásobníku, ze kterého by se pak vracely znovu do mechanismu stroje.

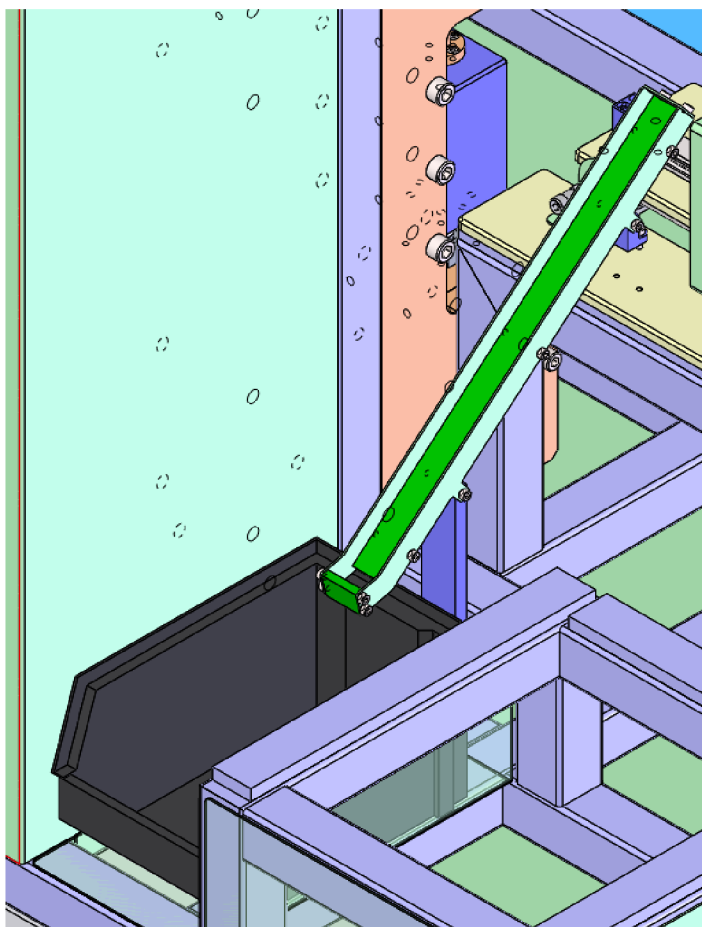
Toto řešení by ke své funkci potřebovalo již zmíněné pneumatické prvky, které by zvyšovaly výrobní cenu nového stroje. Zároveň by mohlo docházet k poškozování malých sedel, na kterých by se vlivem neustálého přemísťování mohly objevovat stopy po poškrábání povrchu.

Další možností by bylo nechat spadnout sedla krabice, kterou by pracovník obsluhy byl nucen po určité době, respektive po určitém množství odhozených kusů, ze stroje odebrat a vsypat sedla opět do vibračního zásobníku.

Tato varianta ke své funkci nepotřebuje žádnou sestavu pneumatických prvků, proto je tedy levnější variantou než dříve rozmýšlená varianta. Stále je však u této možnosti riziko vzniku povrchových vad na sedlech, která budou přemísťována po skluzu, kde by k tomuto poškození mohlo dojít.

### Použité řešení

Pro nový stroj bylo vybráno řešení skladování sedel do krabice ve stroji, kvůli pořizovací ceně stroje.



*Obr. 21 Umístění zásobní krabice*

### **4.3.3 Hotová stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel**

Při navrhování nového stroje bylo původně zamýšleno, že budou nesprávně orientovaná sedla odhazována zpět do krabice, jak bylo popsáno výše. V průběhu navrhování mechanismu přesouvání sedel však došlo k velmi zásadní úpravě, která způsobila, že není nutné sedla vůbec z mechanismu přesouvání odhazovat. Tato změna bude popsána níže v kapitole týkající se řešení mechanismu přesouvání sedel.

Protože je tato změna naprosto zásadní v chodu stroje stejně jako v obsluhování zařízení pracovníky obsluhy, byl tento návrh ponechán v této práci pro případnou možnost svého využití, kdyby si toto zákazník přál.

V současném návrhu stroje se tak stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel nenachází.



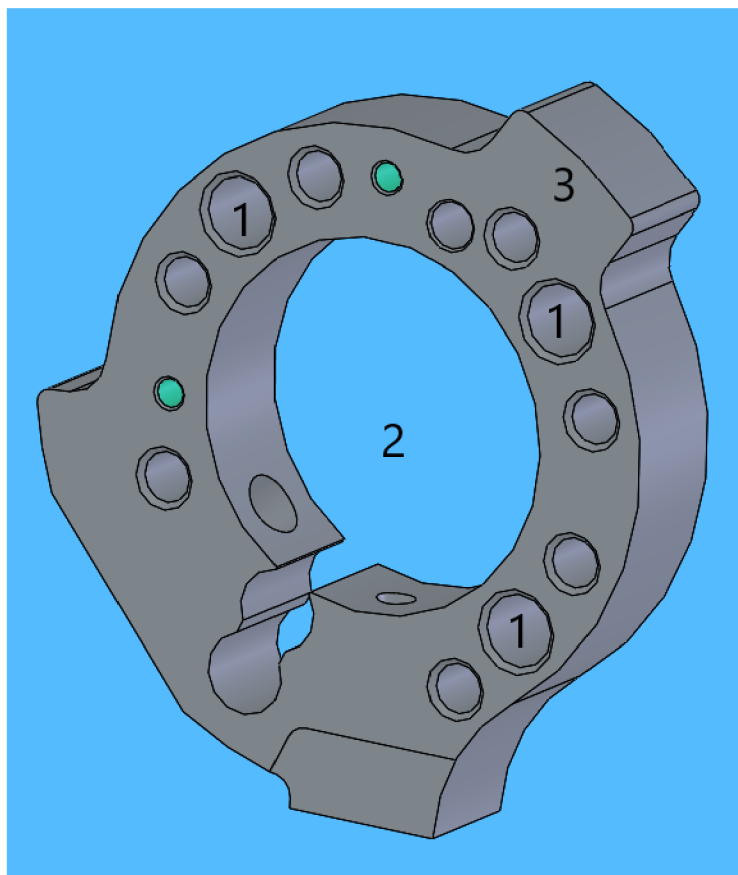
## 4.4 Stanice lisování sedel

Zalisování sedla do válce kompresoru je finální operací celého stroje. V této části stroje musí být provedeno zkontrolování hloubky zalisování sedla. Zároveň musí stanice umožňovat uzamčení nesprávně zkompletované součásti ve stroji, aby nedošlo k jejímu zařazení do správně sestavených kusů.

### 4.4.1 Popis konstrukčního řešení upínače válce

Zakládání válců do stroje provádí obsluha ručně. Z tohoto důvodu je tedy nutné, aby bylo kolem upínače místo pro pohodlné založení komponenty do stroje. Zároveň by bylo vhodné, aby se zakládání válce provádělo podobně, jako tomu je v současnosti na starém ručním stroji.

#### Konstrukční možnosti



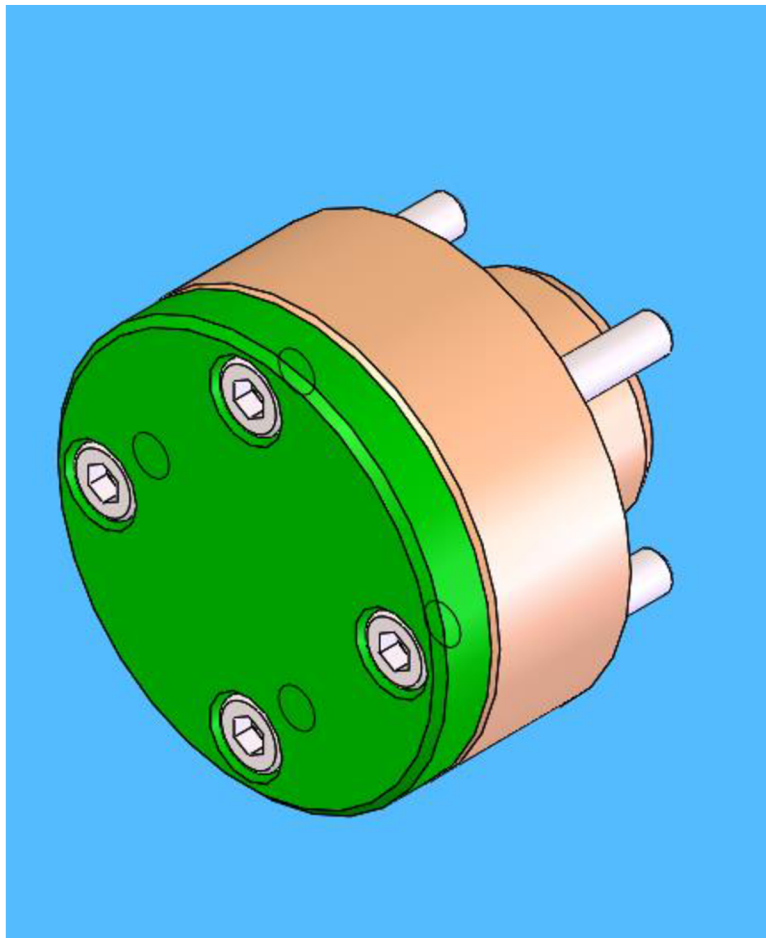
*Obr. 22 Pohled na válec lower cylinder*

Jak je vidět na Obr. 22, válce mají ve svém těle mnoho děr, které by mohly umožňovat jeho uchycení ve stroji. První možností, jak válec uchytit by tedy bylo za tři malé otvory označené na Obr. 22 čísly 1. Tato možnost uchycení by však způsobovala při lisování příliš velké deformace samotného válce.

Kvůli deformacím je tedy vhodnější zvolit uchycení válce za větší otvor označený na Obr. 22 číslem 2. Ze statistiky provedenou měřením na výrobní hale firmy DAIKIN DEVICE vyplynulo, že takto uchopené válce po zalisování sedla nezpůsobí tak velké deformace jako při uchycení za otvory č. 1.

### Použité řešení

Kvůli deformacím válce bylo tedy zvoleno uchycení za velký otvor označený na Obr. 22 číslem 2.



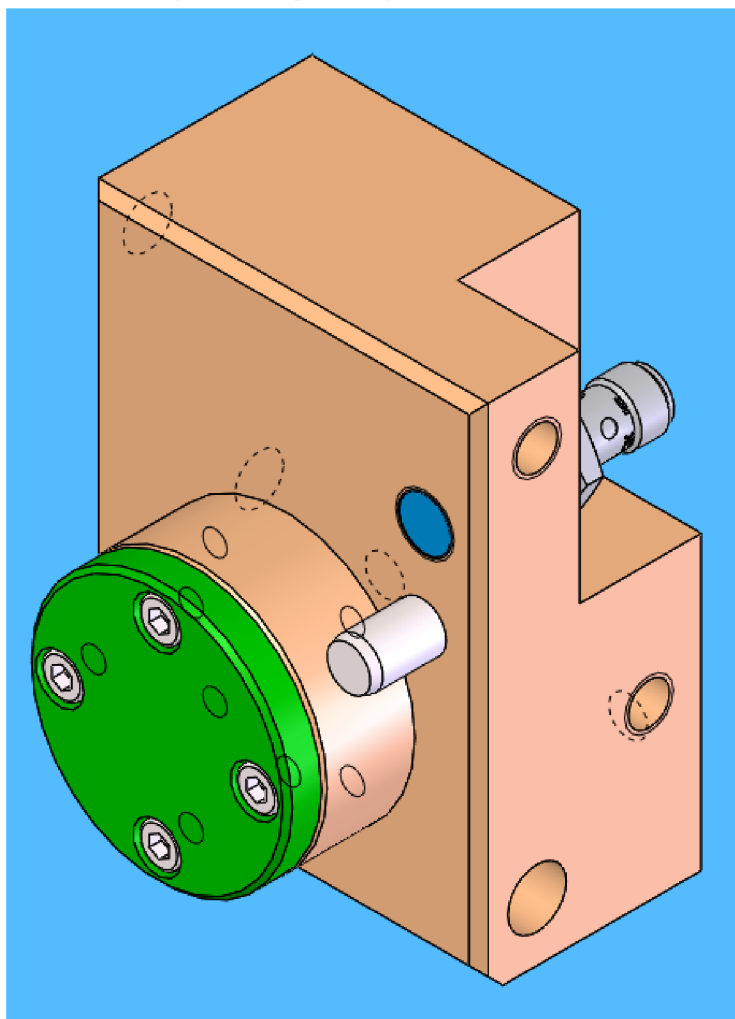
*Obr. 23 Uchycení válce*

Jak je vidět na Obr. 23, válec Lower cylinder bude obsluhou nasunut na ocelový váleček stejného průměru (na Obr. 23 označen oranžovou barvou) jako je průměr díry na Obr. 22 číslo 2. Tento ocelový váleček bude nalisovaný do základové kostky upínače, aby byla jeho pozice vždy přesně definována. Kdyby byl uchycen pouze pomocí šroubů, mohlo by během lisování dojít k jeho posunutí a tím by byla do měření hloubky zalisování zanesena chyba.

Na čelní plochu válce upínače byl přidán silonový kroužek (na Obr. 23 označen zelenou barvou), který zajistí pohodlnější nasunutí válce Lower cylinder na válec upínače. Zároveň takto nově vytvořená čelní plocha upínacího válce zajistí, že nebude docházet k mechanickým poškozením válců Lower cylinder při nasouvání na upínací válec.

## Uchycení válce systémem POKA YOKE

Pro správné zalisování bylo třeba uchytit válec Lower cylinder do stroje správně. K tomuto bude sloužit mechanická zábrana vytvořená podle systému Poka Yoke.

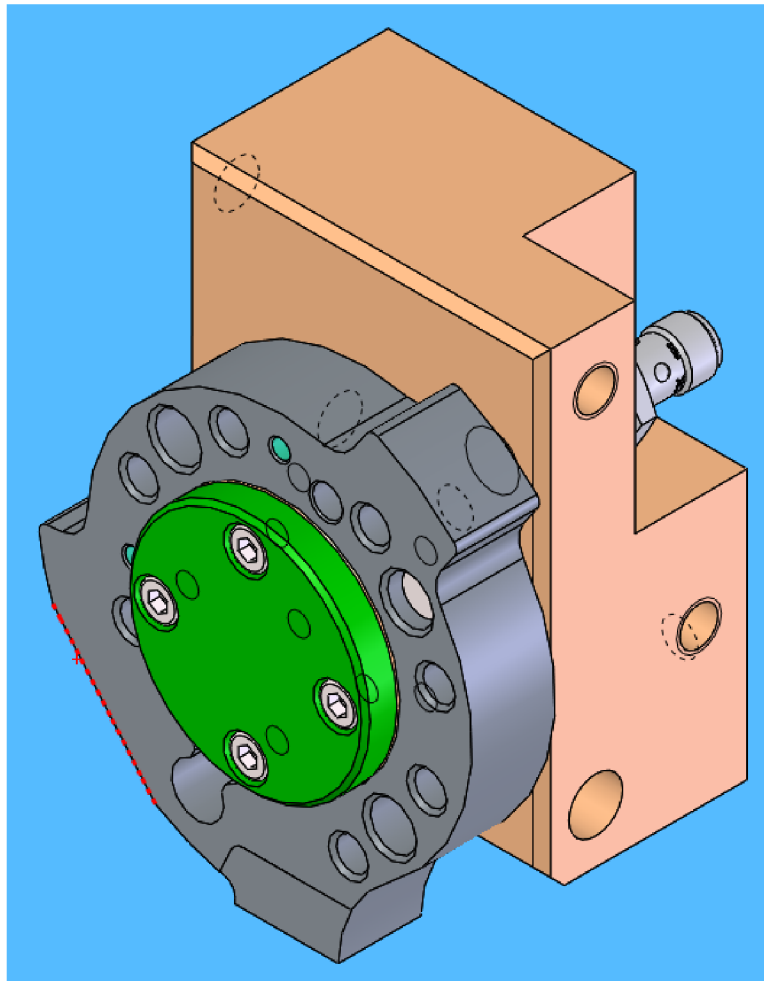


*Obr. 24 upínač válce Lower cylinder*

Válec Lower cylinder bude nasunut na upínací válec tak, jak již bylo zmíněno výše. Obsluha stroje jej zatlačí až po dorazovou plochu tvořenou základovou kostkou upínače. Takto umístěný válec se ale může volně otáčet okolo osy otvoru č. 2 (Obr. 22). Proto byl do základové kostky upínače nalisován válcový kolík, který tomuto otáčení zabrání.

Tento kolík už umožňuje vložení válce pouze několika způsoby, avšak nedefinuje pouze jeden způsob, jak válec Lower cylinder do stroje založit. Proto bylo do základní kostky upínače našroubováno indukční čidlo (Obr. 24). Tento snímač byl umístěn do takové pozice, ve které může snímat pouze „výběžek“ (označený číslem 3 na Obr. 22). Zároveň je možné tímto snímačem kontrolovat, zda se v přípravku upínače válce vůbec nějaký válec nachází.

Takto osazená základová kostka upínače neumožňuje nasadit válec Lower cylinder na upínač jinak, než je tomu na Obr. 25, což je správné uchycení válce Lower cylinder.



*Obr. 25 Správné uchycení válce Lower cylinder*

#### **4.4.2 Popis konstrukčního řešení lisovacího pojezdu**

Sedla, která se mají do válce Lower cylinder zalisovat, budou mechanismem přesuvu sedel nasunuta na lisovací trn, který zalisování provede. Samotné zalisování je možné provést několika způsoby.

##### **Konstrukční možnosti**

První variantou, jak nalisovat sedla do válců, by bylo použití hydrauliky. Ve spodní části lisovací stanice by byl umístěný lineární hydromotor, který by byl spojen s lisovacím pojezdem. Ve chvíli, kdy by bylo nasunuto sedlo na lisovací trn, mohl by hydromotor sedlo do válce nalisovat.

K takovému řešení by bylo nutné nakoupit samotný lineární hydromotor, dále pak veškeré komponenty spojené s uvedením hydromotoru do chodu, jako například čerpadlo a ventil. Zároveň by toto řešení neumožňovalo přímé odměřování hloubky zalisování sedla do válce, takže by kontrola správného zalisování musela probíhat za pomoci dalších prvků, jejichž cena by zvyšovala celkovou cenu stroje.

Mnohem výhodnější variantou, jak sedla lisovat, je použitím dvojice komponent kuličkový šroub a kuličková matice. Tato varianta umožňuje do stroje zasadit servomotor, který je schopen přímo měřit hloubku zalisování sedla.

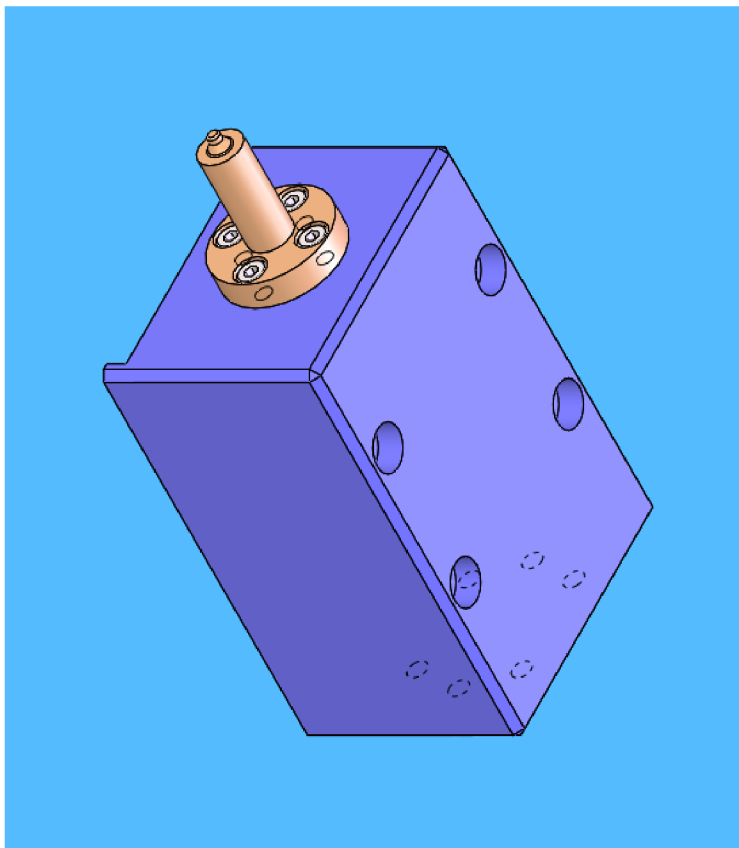
Dvojice komponent kuličkový šroub a kuličková matice nabízí dvě varianty uchycení. V prvním případě by bylo možné, aby se otáčela kuličková matice a kuličkový šroub by tak konal translační pohyb, čímž by mohl sedla nalisovat. Tato varianta by však znamenala nákup nějak uzpůsobeného převodu, pomocí kterého by servomotor mohl maticí otáčet.

V druhém případě použití dvojice komponent kuličkový šroub a kuličková matice by bylo možné, aby se otáčel kuličkový šroub a kuličková matice by tak mohla konat translační pohyb, kterým by mohla sedla do válce nalisovat.

### Použití řešení

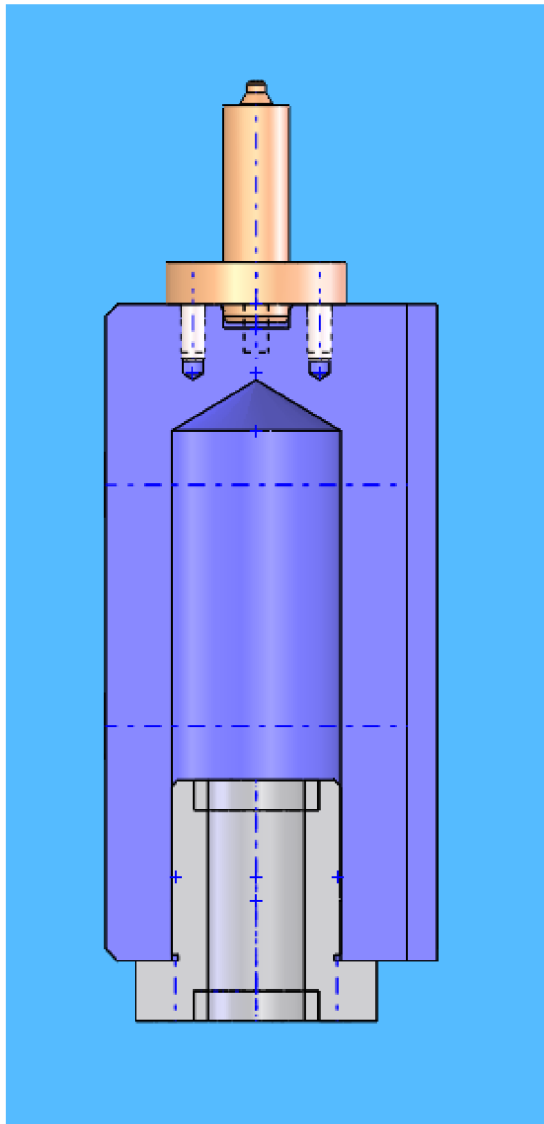
Pro tento stroj bylo vybráno řešení využívající dvojice komponent kuličková matice a kuličkový šroub, a to konkrétně tak, že rotační pohyb bude vykonávat šroub a matice bude konat translační pohyb. V tomto případě je tato varianta možná, a to zejména kvůli malému zdvihu celého pojezdu lisování (50 mm). Po takto zvolené variantě bylo možné začít s celým konstrukčním návrhem lisovacího pojezdu.

Jak již bylo zmíněno výše, na lisovacím pojezdu se bude muset nacházet lisovací trn, na který bude mechanismem přesuvu nasunuto sedlo.



*Obr. 26 Uchycení lisovacího trnu k tělu pojezdu*

Lisovací trn byl do těla pojezdu nalisován, aby byla zajištěna jeho přesná pozice při lisování. Kdyby byl uchycen pouze šrouby, mohlo by v průběhu lisování dojít k jeho posunutí. Toto posunutí by pak mohlo mít za následek poškození otvoru ve válci Lower cylinder a zároveň by docházelo k poškození sedel, která by do válců byla lisována.

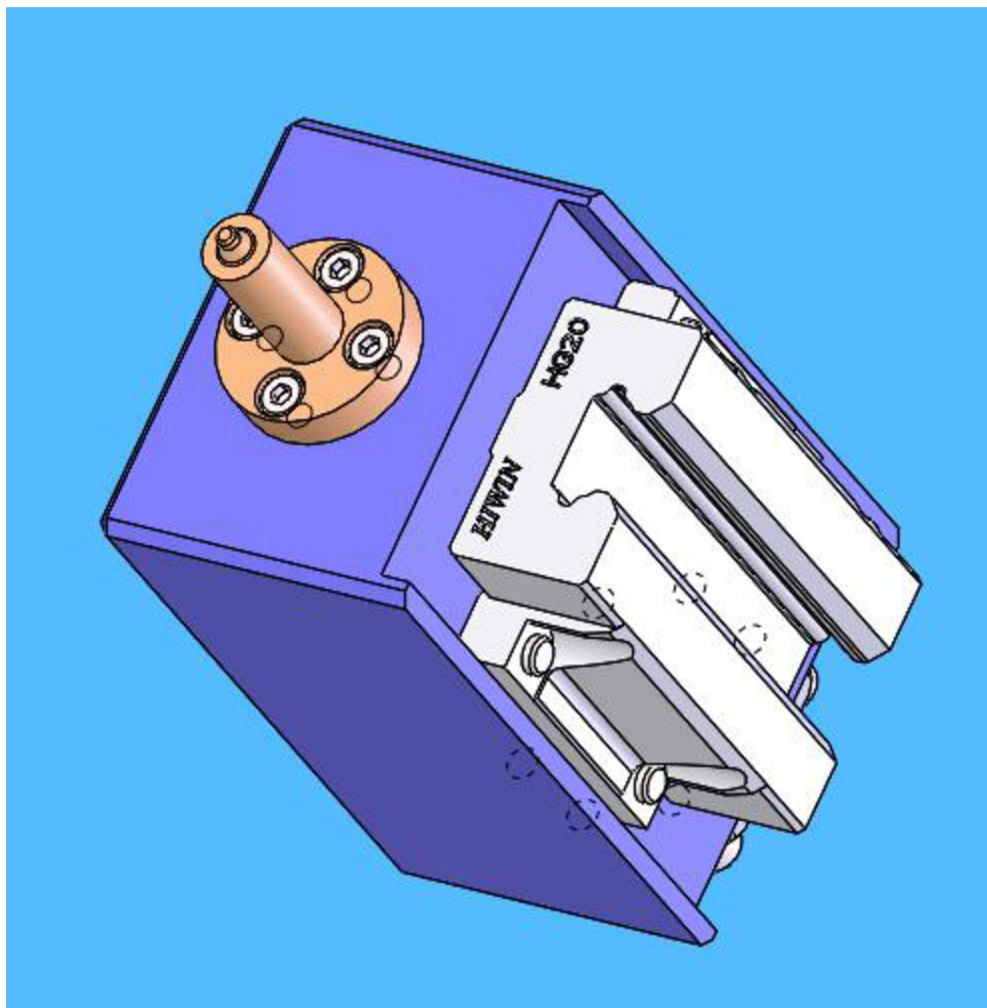


*Obr. 27 Řez tělem pojezdu*

Na Obr. 27 je vidět řez celým tělem pojezdu lisování. Zesponu je přichycena kuličková matice. Kvůli kuličkovému šroubu, který bude touto maticí procházet, je tělo lisovacího pojezdu duté. Tento obrázek, tedy Obr. 27, jasně ukazuje, proč bylo možné zvolit variantu rotujícího šroubu a translační matice. Jak již bylo zmíněno výše, zdvih celého pojezdu je 50 mm, což umožňuje „schovat“ konec kuličkového šroubu v těle pojezdu.

Výpočty týkající se kuličkové matice jsou popsány níže s výpočty kuličkového šroubu.

Posledním problémem týkajícím se pojezdu lisování bylo vedení pojezdu v přímém směru rovnoběžným se směrem lisování. Pro tento účel bylo možné použít kluzná pouzdra na vodících tyčích. Toto řešení by však nebylo pohodlné pro obsluhu stroje, která by tak musela řešit složitějším způsobem mazání těchto pouzder. Mnohem jednodušší variantou bylo použití lineárního vozíku a kolejnice kuličkového vedení.



*Obr. 28 Kuličkový vozík lineárního vedení pojezdu*

Na Obr. 28 je vidět uchycení lineárního kuličkového vozíku k tělu pojezdu lisování. Použitý vozík byl zvolen od firmy HIWIN. Tato varianta byla zvolena kvůli více důvodům. Jedním z důvodů byla samotná pozice pobočky firmy HIWIN vůči firmě DAIKIN DEVICE. Pobočka firmy HIWIN se totiž nachází velmi blízko výrobní hale firmy DAIKIN DEVICE, takže případný servis vozíku nebo kolejnice by netrval nijak dlouho. Tyto vozíky jsou neustále skladem na pobočce firmy HIWIN.

Dalším důvodem volby vozíku od společnosti HIWIN byla doba dodání komponent, protože vozíky jsou ihned k dispozici, což umožňovalo rychlé dodání stroje do výrobní haly DAIKIN DEVICE.

Posledním neméně důležitým důvodem použití tohoto vozíku byla jeho pořizovací cena, která je nižší než např. u firmy BOSH.

Kontrolní výpočet životnosti vozíku:

$$L = \left( \frac{C_{dyn}}{P} \right)^3 * 50\,000$$

kde L je jmenovitá životnost vozíku [m]

$C_{dyn}$  je dynamická únosnost vozíku [N]

P je ekvivalentní dynamické zatížení [N]

Po dosazení:

$$L = \left( \frac{21\,180}{5\,150} \right)^3 * 50 \text{ km}$$

$$L = 3\,478 \text{ km}$$

Zdvih pojezdu lisování je 50 mm, z čehož plyne, že v jednom cyklu stroje urazí pojezd vzdálenost 100 mm. Doba pro vykonání jednoho cyklu byla stanovena zadavatelem stroje na 1 minutu.

Výpočet teoretické životnosti vozíku:

$$L_{\text{časová}} = \frac{L}{l * 60 * 8 * 2 * 365} \text{ let}$$

kde  $L$  je jmenovitá životnost vozíku [m]

$l$  délka chodu vozíku za jeden pracovní cyklus [m]

Po dosazení:

$$L = \frac{3\,478\,000}{0,1 * 60 * 8 * 2 * 365} \text{ let}$$

$$L = 99 \text{ let}$$

Časový interval 99 let je v tomto případě velmi vysoký. Pro vedení pojezdu lisu byl zvolen velký lineární vozík zejména kvůli jeho zástavbovým rozměrům. Kdyby tomu tak nebylo, bylo by možné použít menší a tím i méně předimenzovaný vozík. Skutečnou životnost vozíku však není možné s jistotou vypočítat. Vozíky jsou náchylné například na provozní teplotu, která se ve výrobní hale v průběhu celého roku neustále mění.

Nicméně hodnota 99 let převyšuje požadovanou hodnotu životnosti 20 let, určenou zadavatelem stroje, takže vozík vyhovuje.



### 4.4.3 Popis konstrukčního řešení pohonu lisovacího pojezdu

#### Konstrukční možnosti

Jak již bylo zmíněno výše, jako pohon lisovacího pojezdu bylo zvoleno řešení se servomotorem. V této fázi bylo tedy nutné zvolit příslušný servomotor.

První variantou volby servomotoru by mohlo být použití takového motoru, který by byl přímo spojený s kuličkovým šroubem bez převodovky. Toto řešení by vyžadovalo použití motoru, který by byl dostatečně silný a poskytoval tak dostatečný krouticí moment pro přímý pohon šroubu. V takovém případě by měl motor příliš velké zástavbové rozměry a konstrukce těla lisu by tak musela být tvořena tak, aby se ní tak velký motor vešel. V takovém případě by ale mohlo být složitější zajistit tuhost celého těla lisu. Další nevýhodou použití takového motoru by byl případný servis stroje. Pro pohon mechanismu přesouvání byl použit také servomotor. Tento motor ale nemusí produkovat tak velký krouticí moment jako by tomu bylo u velkého motoru lisování.

Druhou variantou je tedy použití menšího a slabšího servomotoru v kombinaci s převodovkou. Toto řešení nabízelo menší zástavbové rozměry, díky kterým by se tak celá sestava motoru s převodovkou vešla do těla lisu. Zároveň by pak toto řešení umožňovalo jednodušší servis stroje, protože by byly použity stejné motory pro pohon lisu a pro pohon mechanismu přesouvání sedel.

#### Použití řešení

Pro volbu motoru bylo nutné nejprve výpočty ověřit, jaký kuličkový šroub bude pro operaci lisování vhodný.

Lisovací síla  $F$  pro zalisování sedla do válce Lower cylinder byla zákazníkem stanovena na hodnotu 3 800 N. Zákazník však požadoval, aby byl lis schopen lisovat silou až 5 150 N. Podle této síly byly tedy výpočty stanoveny takto:

Kontrolní výpočet vzpěrné tuhosti kuličkového šroubu:

$$F_k = k_k * \frac{d_k^4}{l_k^2} * 10^5$$

$$F_{k \max} = F_k * 0,5$$

kde  $F_k$  je maximální teoretická axiální dovolená síla v Newtonech

$F_{k \max}$  je maximální dovolená provozní axiální síla v Newtonech

$k_k$  je koeficient závislosti na uložení

$d_k$  je průměr hřídele v milimetrech

$l_k$  je nepodepřená délka hřídele v milimetrech (v tomto případě 0,26)

úpravou dostávám:

$$F_k = \frac{F_{k \max}}{0,5}$$

$$d_k = \sqrt[4]{\frac{F_k * l_k^2}{k_k * 10^5}}$$

Po dosazení:

$$F_k = \frac{5\ 150}{0,5} N$$

$$F_k = 10\ 300 N$$

$$d_k = \sqrt[4]{\frac{10\,300 * 67^2}{0,26 * 10^5}} \text{ mm}$$

$$d_k = 6,5 \text{ mm}$$

Z výpočtů plyne, že pro zalisování sedla do válce Lower cylinder by stačil šroub s nejbližším vyšším průměrem, než je 6,5 mm. Zákazník však požaduje životnost každého nového stroje, který bude do jejich výrobní haly dodán, životnost nejméně 20 let, proto byl pro pohon lisovacího pojezdu zvolen šroub o průměru 16 mm, který je sice velmi předimenzován, ale díky tomu se nebude jednat o slabý článek stroje.

Výpočet potřebného kroutícího momentu:

$$M = \frac{F * P}{2000 * \pi * \eta}$$

kde F je maximální axiální síla působící na matici v Newtonech

P je stoupání kuličkového šroubu v milimetrech

$\eta$  je účinnost kuličkového šroubu (standartně 0,88)

Po dosazení:

$$M = \frac{5\,150 * 5}{2000 * \pi * 0,88} \text{ Nm}$$

$$M = 4,66 \text{ Nm}$$

Výsledný kroutící moment působící na kuličkový šroub tak musel být vyšší než hodnota 4,66 Nm.

Po takto vypočtených parametrech bylo možné osadit lisovací stanici motorem a kuličkovým šroubem.

Motor bylo nutné vybrat od dodavatele Mitsubishi. Proto byl dle vypočtených parametrů zvolen motor HG-KR43B o výkonu 400 W, kroutícím momentu 1,3 Nm a maximálním kroutícím momentu 4,5 Nm opatřený brzdou.

K tomuto motoru bylo nutné zvolit ještě převodovku z důvodů popsaných výše.

Výpočet převodového poměru:

$$M_{k \text{ celkový}} = M_{km} * i$$

kde  $M_{k \text{ celkový}}$  je konečný výstupní kroutící moment z převodovky v Newtonech

$M_{km}$  je výstupní kroutící moment motoru v Newtonech

$i$  je převodové číslo

Úpravou dostávám:

$$i = \frac{M_{k \text{ celkový}}}{M_{km}}$$

$$i = \frac{4,66}{1,3}$$

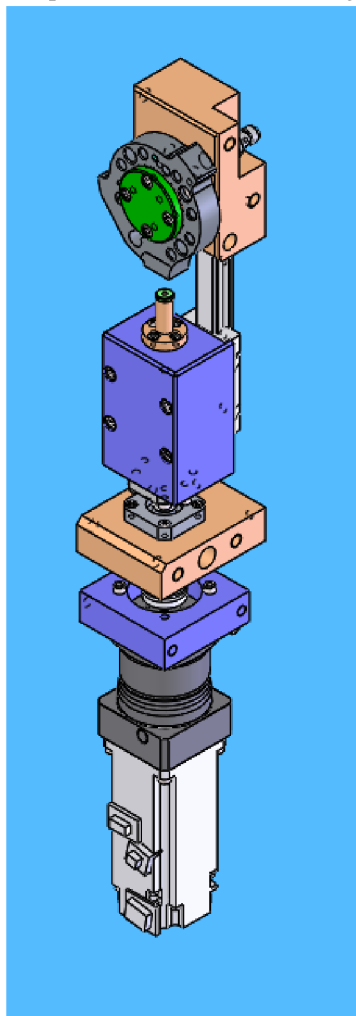
$$i = 3,58$$

Z tohoto výpočtu vyplývá, že bylo nutné použít převodovku s převodovým poměrem alespoň 4. kvůli dimenzování stroje na dlouhou živostnost a kvůli případným odporům v celém mechanismu byl zvolen převodový poměr 5.

Samotná převodovka pak byla vybrána od firmy RAVEO, konkrétně se jedná o planetovou jednostupňovou převodovku typu PSII B s převodovým poměrem 5. Firma RAVEO nabízí ve svém portfoliu širokou škálu planetových převodovek, ze kterých bylo možné vybrat i jiný typ, než jsem vybral já. Avšak moje předchozí zkušenost s tímto typem převodovky mě utvrdila ve výběru právě tohoto typu.

Poslední komponentou celé sestavy pohonu pojezdu lisu byla hřídelová spojka, která propojila kuličkový šroub s výstupní hřídelí převodovky.

Tato spojka byla vybrána od firmy KTR a konkrétně se jednalo o spojku ROTEX GS 14, která nabízela únosnost kroutícího momentu působícího na kuličkový šroub.



*Obr.29 Uložení pohonu pojezdu lisu*

Po vybrání veškerých komponent bylo možné jejich usazení do sestavy lisu. Na Obr. 29 je vidět, jak jsou jednotlivé komponenty umístěny za sebou. Od spodu – motor, převodovky, spojka, přírubový ložiskový domeček kuličkového šroubu HIWIN FK-12, kuličkový šroub a kuličková matice.

Ložiskový domeček kuličkového šroubu byl umístěn na základovou kostku lisování. Tato kostka tak přebírala veškerou reakční sílu od lisování. Tímto bylo zamezeno, aby docházelo

k namáhání motoru s převodovku. V kapitole níže je pak pospáno, jak je základová kostka lisování uchycena do celé sestavy lisu.

#### 4.4.4 Popis konstrukčního řešení těla lisu

Celé tělo lisovací stanice bylo nutné navrhnout tak, aby pochopitelně drželo pohromadě všechny prvky sestavy celku lisu. Zároveň muselo ale tělo plnit i úlohu týkající se tuhosti sestavy.

##### Konstrukční možnosti

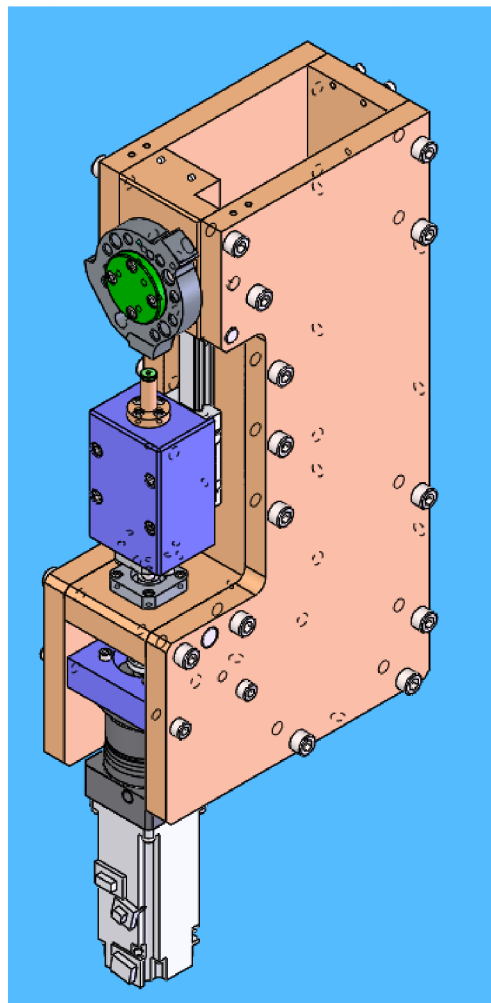
První variantou bylo vytvořit svařovaný rám, který by se později sešrouboval se základním rámem celého stroje. Tato varianta by však vytvořila velmi složitou úlohu výroby takového rámu. Zároveň duté profily neposkytují takovou tuhost, kterou by mělo celé tělo lisu disponovat.

Další možností, jak tělo vyrobit, bylo použití plných ocelových desek, které by se k sobě sešroubovaly. Zamezení pohybu desek vůči sobě by se dosáhlo pomocí nalisovaných kolíků.

##### Použité řešení

Pro konstrukci lisu byla vybrána varianta použití plných ocelových desek. Tyto desky bude možné vyrobit s velkou přesností, protože je možné je nechat vypálit na laserové řezačce nebo pomocí vodního paprsku. Tím bude zajištěna přesná pozice pro zalisování sedla do válce Lower cylinder.

Celé tělo lisu bylo tedy vytvořeno dvěma základovými deskami tvaru písmene C. Jejich

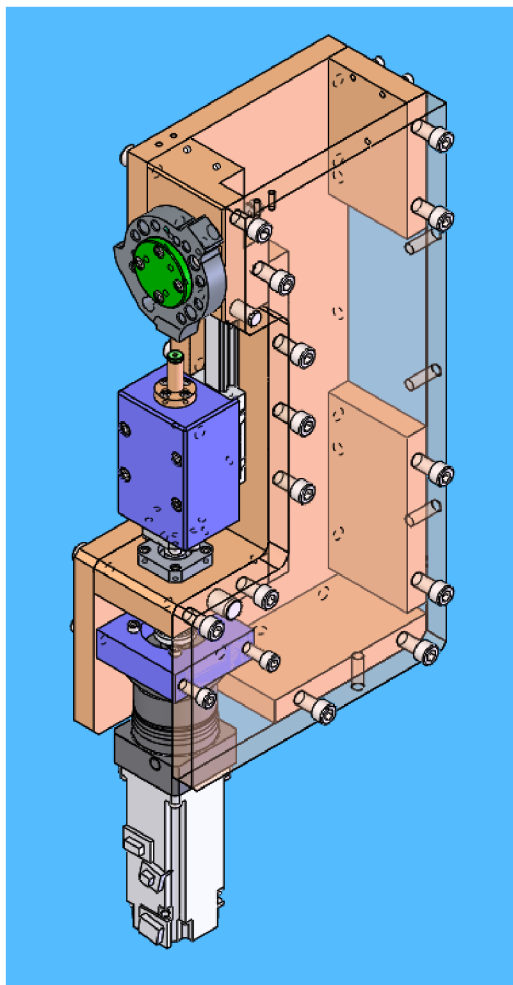


Obr. 30 Tělo stanice lisování

tloušťky byly stanoveny na 20 mm. Mezi tyto desky byla následně uchycena základní kostka upínače,

která byla k deskám přichycena válcovými kolíky a následně šrouby M10. Válcové kolíky zde byly použity kvůli zamezení jakémukoli pohybu základní kostky upínače vůči základové kostce lisování, ve které je uchycen ložiskový domek kuličkového šroubu.

Kostka lisování s ložiskovým domečkem byla proto také se základovými C-deskami těla lisu spojena pomocí válcových kolíků a následně přišroubována pomocí šroubů M10.



*Obr. 31 Tělo stanice lisování - odkrytá  
 boční deska*

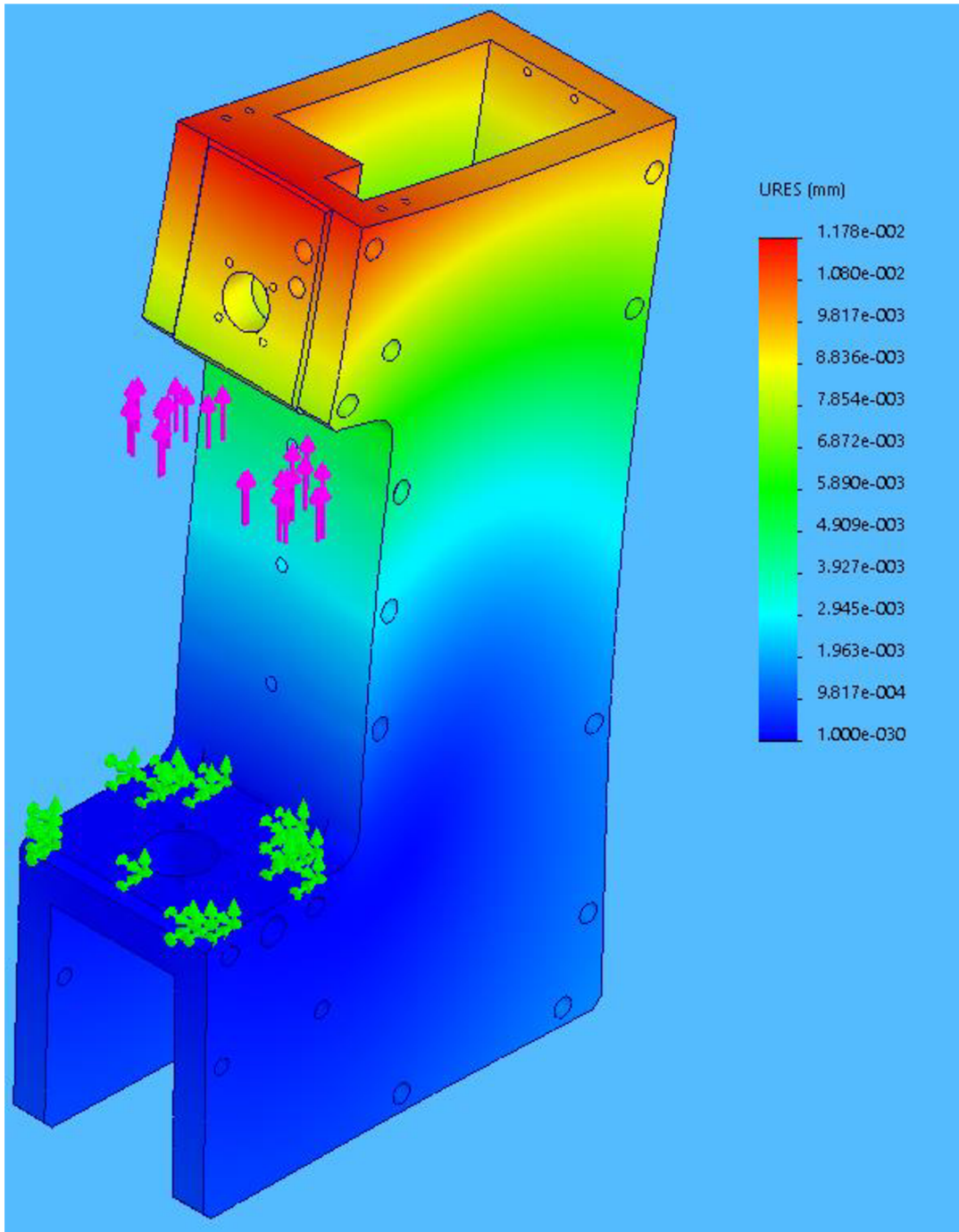
Na Obr. 31 je po odkrytí jedné z bočních desek vidět, jak byly obě boční desky k sobě připevněny. Kromě kostky upínání válce Lower cylinder a kostky lisování byly mezi boční C-desky vloženy ještě tři desky, které drží celé tělo pohromadě. Jejich pozice však nemusela být vůči sobě tak přesně definována jako je tomu u základových kostek. Proto byly desky přichyceny k bokům lisu „pouze“ šrouby M10.

V těle lisu musela být ještě uchycena deska, ke které bylo možné přichytit kolejnici lineárního vedení. Tato deska byla k bočním C-deskám připevněna také „pouze“ pomocí šroubů M10, tedy bez nalisování válcového kolíku. V tomto případě bylo žádoucí, aby se mohla deska kolejnice vůči základovým kostkám lisování a upínače ještě pohnout. Desku kolejnice je tak ještě možné ustavit ve vůlích šroubů, které ji mezi základními C-deskami drží.

### Pevnostní a tuhostní analýza

Pro zjištění celkového posunutí základové kostky upínače vůči základové desce lisování bylo užito programu SimulationExpress. Tato funkce je doplňkovým modulem CAD softwaru Solid Works, ve kterém byl celý nový stroj nakreslen.

Zadavatel stroje specifikoval ve svých podkladech, že hloubka zalisování sedla do válce Lower cylinder bude tolerována v rozsahu 0,05 milimetru. Z tohoto důvodu je nutné, aby bylo celé tělo lisu dostatečně tuhé a nedocházelo k většímu posunutí obou základových kostek od sebe, než je tato tolerance.



Obr. 32 Celková deformace těla rámu

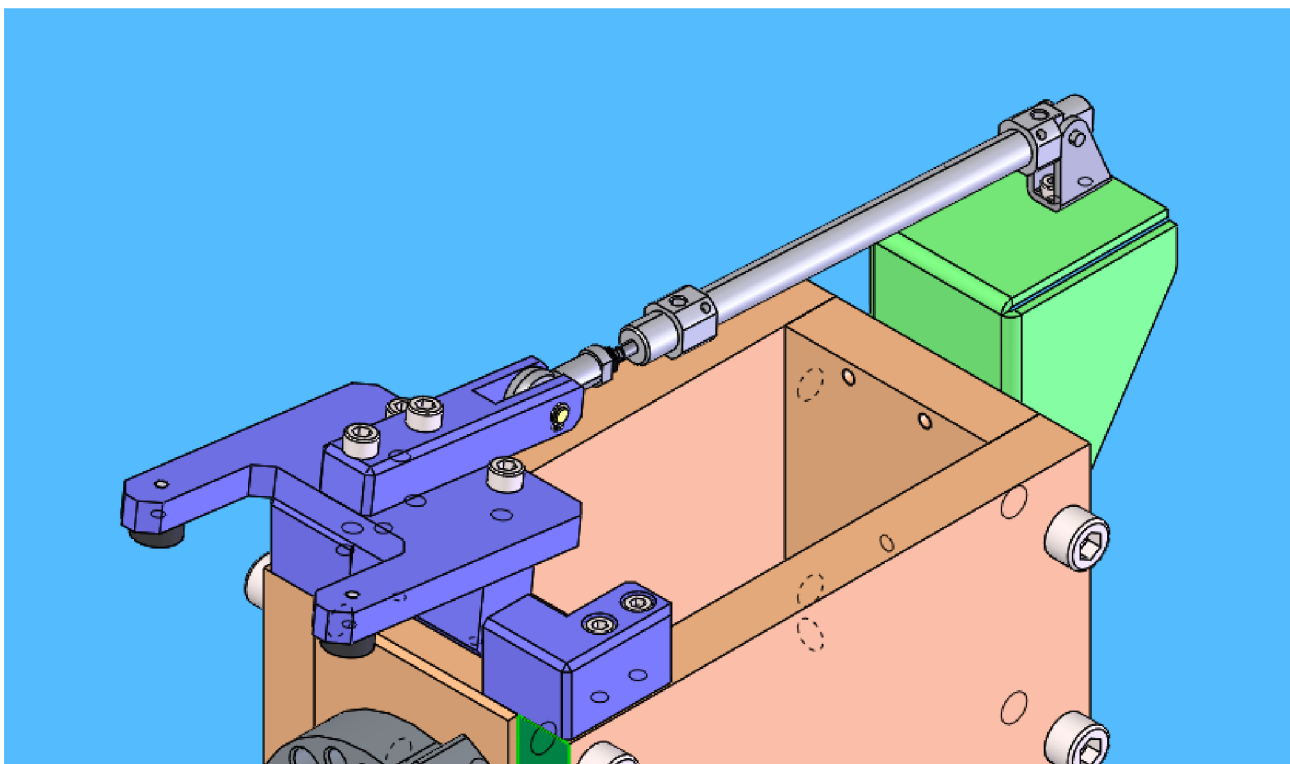
Na Obr. 32 je podle přiložené legendy možné vidět maximální posunutí vrcholu těla lisu. Toto posunutí činí  $1.178 \times 10^{-2}$  mm. Tato hodnota je tedy výrazně nižší, než je požadovaná tolerance zalisování sedla do válce Lower cylinder, takže daná konstrukce těla lisu vyhovuje tuhostním požadavkům.

#### 4.4.5 Popis konstrukčního řešení přitlačné klapky

Po tom, co pracovník obsluhy nasune válec Lower cylinder na válec přípravku upínání, je nutné, aby byla součást ve stroji upnuta. Prvním z důvodů, proč je nutné součást do stroje upnout, je omezení pohybu válce Lower cylinder. Při lisování by totiž mohlo docházet k drobným posunům součásti po přípravu, což by mohlo mít za následek chybné nalisování sedla do těla válce.

Dalším důvodem je případná oprava nedostatečně zasunutého válce Lower cylinder na válec mechanismu upínače. V případě, že by obsluha nedosunula válec až po základovou kostku upínače, dotlačí přitlačná klapka válec do správné polohy pro nalisování sedla do válce.

V případě, že by nalisování sedla nebylo provedeno správně, je třeba celou sestavu ve stroji uzamknout a její odemčení umožnit až po přiložení karty nadřízeného operátora výroby. Toto je jeden z dalších důvodů, proč bylo do konstrukce stroje nutné tuto klapku zakomponovat.



*Obr. 33 Pohled na přitlačnou klapku*

Přitlačná klapka byla vytvořena především z hliníkových součástí. K samotné desce přitlačné klapky byl uchycen domeček, do kterého byla nasunuta hřídel otáčení klapky. K bočním základovým C-deskám byly pak přichyceny kostky s nalisovanými plastovými kluznými pouzdry, ve kterých se hřídel otáčení přitlačné klapky může otáčet.

Na konce přitlačné klapky byly vloženy pryžové silentbloky, aby nedocházelo k případným poškozením válce Lower cylinder.

Jako pohon přitlačné klapky byl zvolen pneumatický válec od firmy SMC, který byl k tělu lisu připevněn pomocí plechového držáku.

Výpočet přítlačné síly:

Standardní tlak v pneumatice stroje byl navržen na 0,6 MPa.

Pneumatický válec byl zvolen SMC CD85N10-100 o průměru pístu 10 mm a celkovém možném zdvihu 100 mm.

$$p = \frac{F}{S}$$
$$F = p * S$$
$$S = \pi * \frac{d^2}{4}$$

kde  $p$  je tlak vzduchu v Pascalech

$F$  je síla válce v Newtonech

$S$  je plocha pístu v metrech čtverečních

$d$  je průměr pístu v metrech

Po dosazení:

$$S = \pi * \frac{0,01^2}{4} m^2$$
$$S = 7,85 * 10^{-5} m^2$$
$$F = 600\,000 * 7,85 * 10^{-5} N$$
$$F = 47,1 N$$

Válec tedy tlačí na přítlačnou klapku silou 47,1 N. tato síla ale nepůsobí na přítlačném konci klapky na válec Lower cylinder, protože se jedná o páku. Je tedy třeba ještě spočítat sílu, působící na samotný válec Lower cylinder přes páku tvořenou přítlačnou klapkou:

Délka ramene od osy otáčení klapky po čep spojující pneumatický válec s klapkou je 35 mm. Délka ramene od osy otáčení po osu silentbloku je 78 mm. Známe-li tedy sílu, jakou působí pneumatický válec na klapku a délky obou ramen, je možné dopočítat sílu, jakou působí přítlačná klapka na válec Lower cylinder:

$$F_1 * r_1 = F_2 * r_2$$

kde  $F_1$  je síla, kterou působí pneumatický válec v Newtonech

$F_2$  je síla, kterou působí silentbloky na válec Lower cylinder v Newtonech

$r_1$  je rameno od osy otáčení klapky po čep pneumatického válce v metrech

$r_2$  je rameno od osy otáčení klapky po osu silentbloku v metrech

Po úpravě dostávám:

$$F_2 = \frac{F_1 * r_1}{r_2}$$

Po dosazení:

$$F_2 = \frac{47,1 * 0,035}{0,078} N$$
$$F_2 = 21,13 N$$



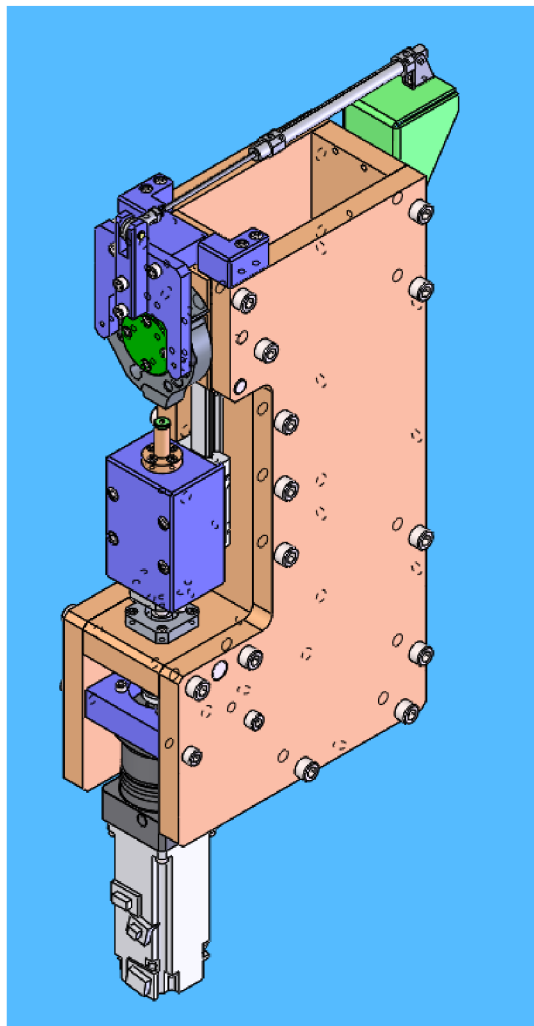
Přítlačná klapka tedy působí na válec Lower cylinder silou 21,13 N.

#### 4.4.6 Seznam nakupovaných komponent

Pro sestavení kompletní stanice lisování sedla bylo nutné nakoupit tyto komponenty:

Indukční snímač SICK IME12-06N	1 ks
Lineární vozík HIWIN HGW 20 HC	1 ks
Kolejnice lineárního vedení HIWIN HGR 20 T	1 ks
Kuličkový šroub s maticí HIWIN R16-05-FSI	1 ks
Ložiskový domeček HIWIN FK 12	1 ks
Hřídelová spojka KTR ROTEX GS 14	1 ks
Převodovka RAVEO PSII, i=5	1 ks
Motor MITSUBISHI HG-KR43B	1 ks
Pneumatický válec SMC CD85N10-100	1 ks
Kluzné pouzdro HENNLICH GFM 101214-07	2 ks

#### 4.4.7 Hotová stanice lisování



Obr. 34 Pohled na celou stanici lisování

Stanice lisování sedel do válců Lower cylinder je naprosto stěžejní stanicí celého stroje. Proto je nutné při její výrobě a kompletování dbát na přesnost a preciznost všech výrobních procesů.

### 4.5 Mechanismus přesouvání sedel

Protože byl celý stroj vytvořen tak, že je nutné přemísťovat sedla mezi jednotlivými stanicemi popsanými výše, bylo nutné pro tuto operaci navrhnout mechanismus pro přesouvání sedel.

#### 4.5.1 Popis konstrukčního řešení uchytávání sedel

V první řadě bylo nutné vyřešit, jakým způsobem budou samotná sedla na konci výstupní lišty vibračního zásobníku uchopována. Toto bylo navrženo tak, že budou pomocí pneumatického válce stlačeny dvě čelisti upínání k sobě, čímž se sedlo upne.

#### Konstrukční možnosti

V této fázi představování možných konstrukčních řešení se vrátím ke kapitole „4.3 Stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel“.

Na začátku návrhu nového stroje bylo navrženo, že budou sedla na konci vibrační lišty odebrána pneumatickým válcem SMC MHZ2-10D1. Tento pneumatický válec je firmou SMC připravený právě pro takové aplikace, jako je v tomto stroji. Válec dokáže uchopovat různé předměty pomocí úchopových čelistí, které se přichycují k jeho čelistem. Proto byla i celá koncepce nového stroje tvořena tak, že tento válec uchopí sedlo na konci vibrační lišty, mechanismus přesouvání sedla dovezde sedlo do stanice kontroly orientace sedla a v případě, že bude sedlo otočeno správně, dojde k přesunu mechanismu sedla do stanice lisování, kde bude sedlo odloženo na lisovací trn a následně zalisováno. V případě, že by sedlo bylo orientováno nesprávně, přesune se mechanismus přesouvání sedel do pozice nad skluz stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel. Následně by se rozevřely čelisti a sedlo by tak bylo vhozeno na skluz a odtud by sklouzlo do krabice. Ve chvíli, kdy by se krabice naplnila, musel by přijít pracovník obsluhy a všechna sedla z krabice nasypat zpět do vibračního zásobníku.

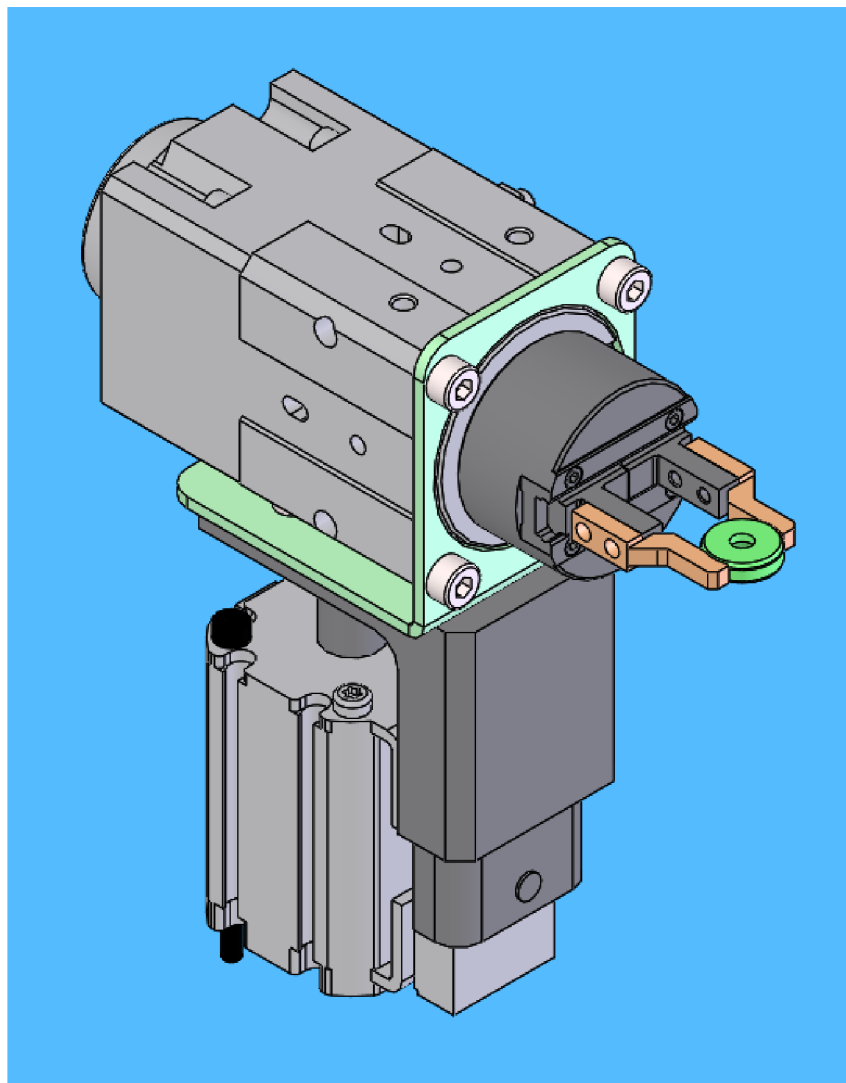
Tato varianta se však během celé konstrukce výrazně změnila. Místo prve použitého válce MHZ2-10D1, který umožňoval „pouze“ sedlo uchopit a pustit, byl do stroje zakomponován válec SMC MRHQ10D-180S.

Tento válec vychází z prve použitého pneumatického válce. Oba válce proto mají stejné rozměry čelistí i stejné zdvihy. Nově použitý válec však dokáže svoje čelisti i s uchopeným sedlem otočit o 180°, čímž došlo k tomu, že nebyla stanice odhazování nesprávně orientovaných sedel ve stroji potřeba.

Použit tento válec mi po dlouhé konzultaci poradil odborník z firmy SMC pan Ing. Jiří Podbřecký, kterému tímto ještě jednou děkuji.

### Použité řešení

Jak již bylo tedy zmíněno výše, pro mechanismus uchytávání sedel na konci vibrační lišty byl použit pneumatický válec SMC MRHQ1D-180S, který umožňuje otočení sedla o 180°.

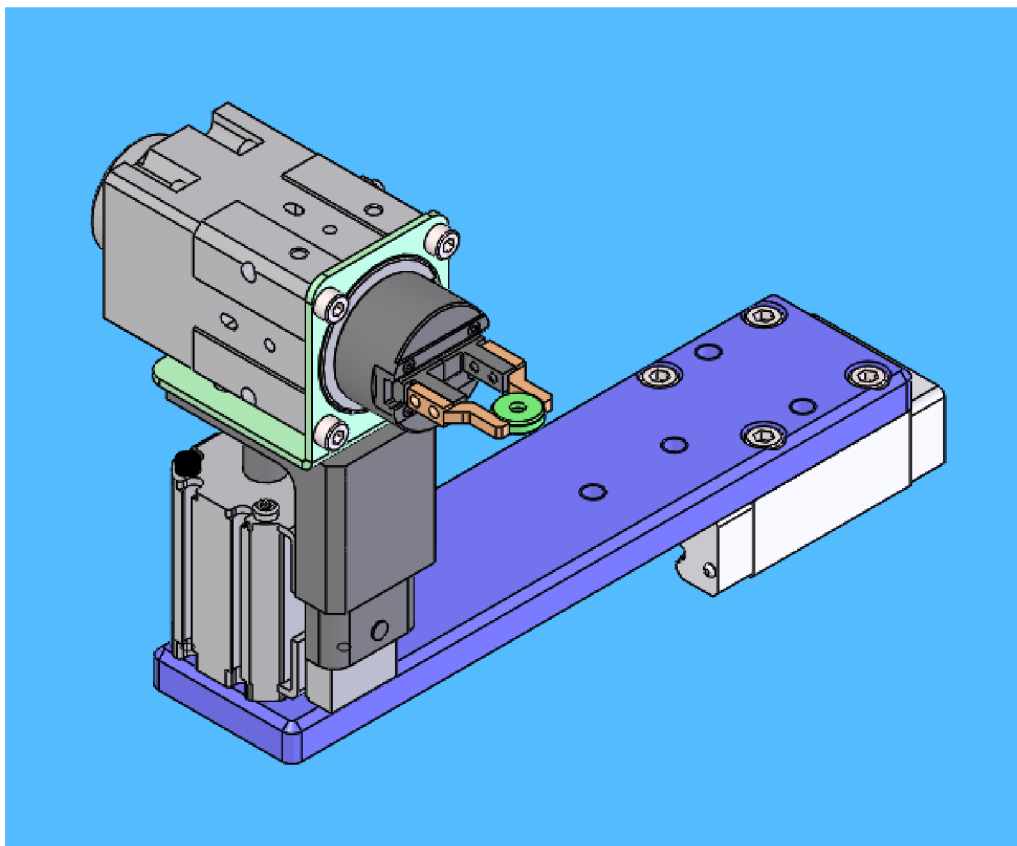


*Obr. 35 Uchopení sedla pneumatickými čelistmi*

Čelisti byly k válci přichyceny malými šroubky M2,5. Samotný válec byl pak přichycen pomocí šroubů M4 k plechovému držáku ve tvaru písmene L. Tento držák byl poté i s válcem MRHQ přichycen k dalšímu pneumatickému válci SMC MXZ25-15L.

Válec MXZ25-15L je pneumatický válec z řady kompaktních válců s vedením. Toto řešení bylo zvoleno kvůli malým zástavbovým rozměrům, protože návrh vlastního vedení poháněné prostým válcem by zabralo ve stroji více místa a nemusela by tak být splněna podmínka zástavbových rozměrů celého stroje.

Dalším úkolem bylo přichytit tuto sestavu válců k desce, která bude spojovat válce s lineárním vozíkem.

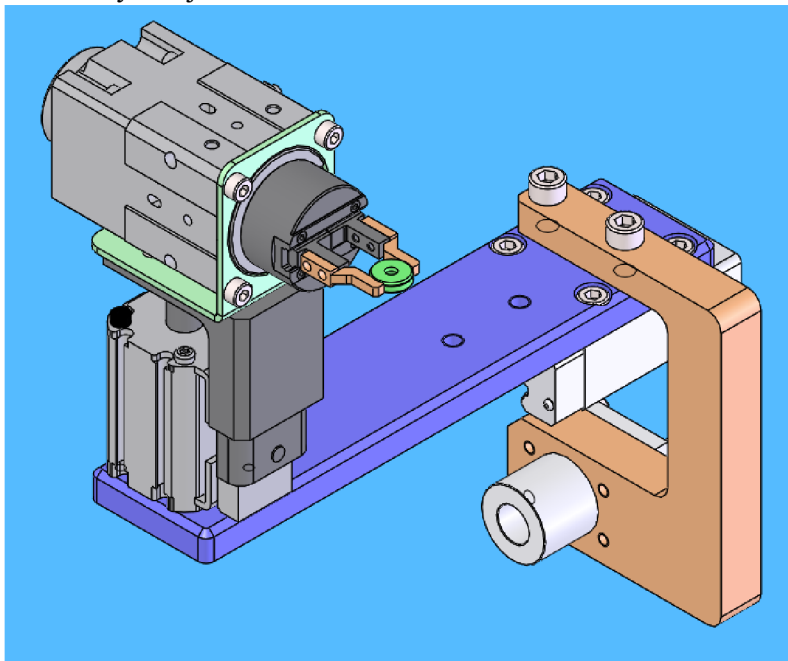


*Obr. 36 Uchycení sestavy válců k vozíku lineárního vedení*

Oba pneumatické válce byly přichyceny k hliníkové desce, která byla přišroubována k vozíku lineárního vedení. Jak je vidět na Obr. 36, válce nejsou umístěny přímo na vozíkem, ale jsou posunuty o určitou vzdálenost do boku. Toto bylo provedeno kvůli zvětšení prostoru pro zakládání válců Lower cylinder do stanice lisování. O ergonomii při zakládání válců Lower cylinder je v práci psáno níže.

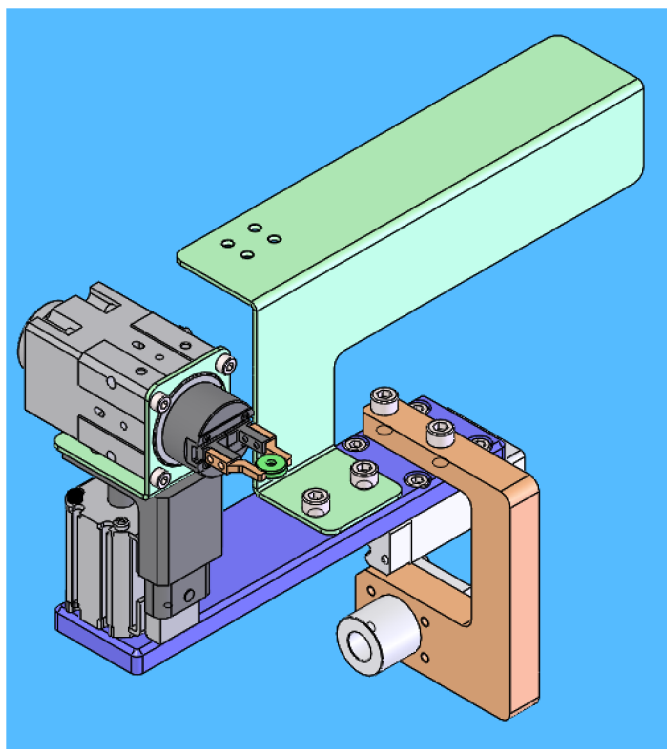
Pro pohon celého mechanismu přesouvání sedel byl zvolen kuličkový šroub poháněný servomotorem. Pro tuto činnost byl z počátku uvažován bezpístnicový válec SMC MY3B16-400, který umožňuje zastavit v jakékoli pozici svého zdvihu po najetí na koncový snímač v C-drážce. Toto řešení ale nemohlo být pro tento stroj nakonec použito, protože tento válec není schopný zastavovat dostatečně přesně ve svých mezipolohách. Při odebrání sedla z konce vibrační lišty by sice najel do své koncové polohy, která je pevně definována mechanickým dorazem. Stejně tak při nasouvání sedla na lisovací trn by se válec zastavil o druhý mechanický doraz, čímž by byla jeho poloha opět pevně definována. Při najíždění do pozice pro kontrolu orientace sedla by však válec nemusel při každém cyklu dojet na stejné místo, což by u kontroly orientace znamenalo slabé místo a nejistotu při kontrole.

Kuličková matice byla tedy k mechanismu přesuvu sedel přichycena pomocí ocelového držáku ve tvaru písmene C přímo pod vozíkem lineárního vedení. Toto umístění zkrátilo zástavbové rozměry celého stroje a co je důležitější, tak zkrátilo vzdálenost zakládání válce Lower cylinder do stanice lisování pracovníkem obsluhy stroje.



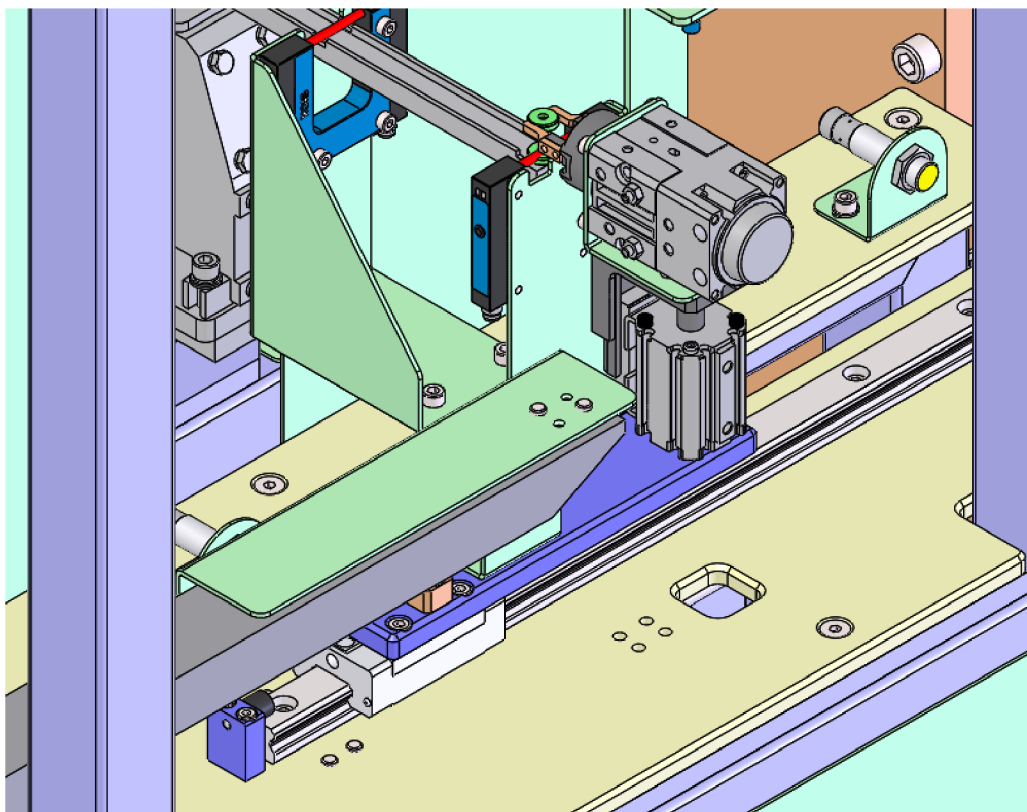
*Obr. 37 Uchycení kuličkové matice*

Protože se bude celá sestava mechanismu přesuvu sedla pohybovat po kolejnici lineárního vedení, bylo nutné k mechanismu připevnit držák pro kabelový řetěz, ve kterém povedou vzduchové hadice k oběma válcům včetně kabelů vedoucí od snímačů koncových poloh na obou válcích.



*Obr. 38 Znárodnění držáku kabelového řetězu*

Ve chvíli, kdy byl mechanismus přesouvání sedel osazen všemi komponentami, bylo možné umístit jej na kolejnici lineárního vedení.



*Obr. 39 Náhled na mechanismus přesuvu sedel*

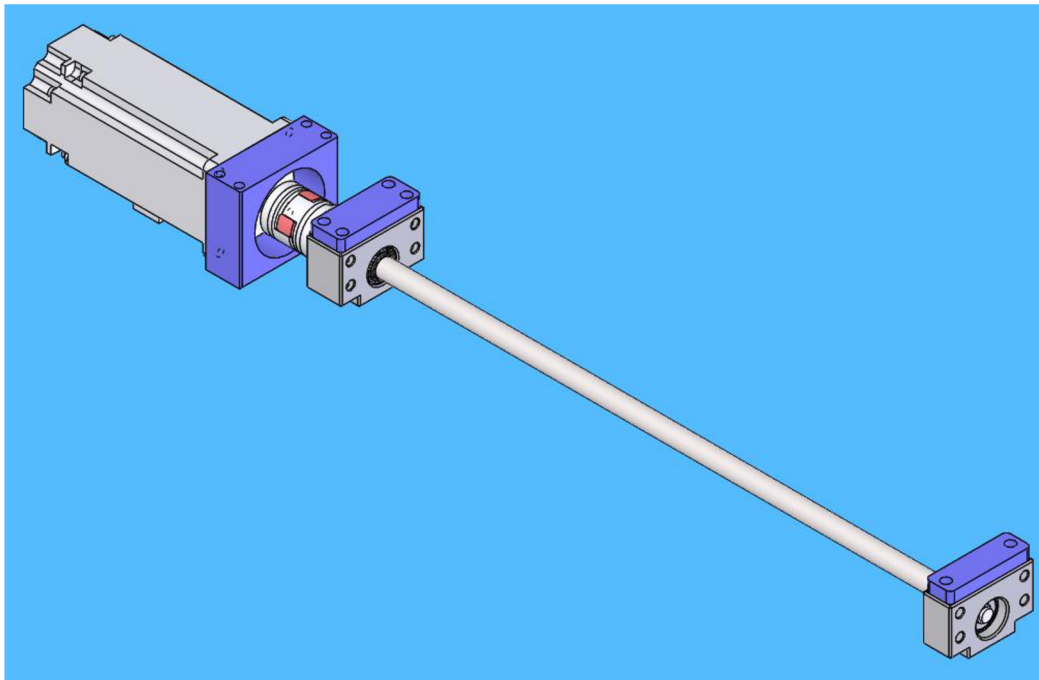
Na Obr. 39 je vidět, jak byl umístěn celý mechanismus přesuvu sedel na kolejnici lineárního vedení, která byla přišroubována k hliníkové desce.

Na tuto základovou desku bylo třeba následně třeba umístit druhý konec kabelového řetězu. Pro veškeré kabely a vzduchové hadice byl v desce připraven otvor pro prostrčení dovnitř do stroje.

K základové desce byly rovněž přichyceny i mechanické dorazy. Tyto dorazy byly umístěny na konce kolejnice lineárního vedení.

Pro snadnější následné programování stroje byly k desce přichyceny ještě indukční snímače, které tvoří koncové body mechanického přesuvu v následném programu stroje. Tyto snímače byly umístěny na desku pomocí plechových držáků ve tvaru písmene L. Otvory, přes které jsou poté držáky přichyceny k základové desce, mají tvar oválné drážky. Toto bylo zvoleno kvůli případnému nastavení koncové polohy čidel.

K základové desce byl připevněn i pohon celého mechanismu přesuvu sedel. Pohon je ale umístěn ze spodní strany desky, aby byl konstrukcí stroje zakrytován a nemohlo na něj například spadnout samotné sedlo při odladování stroje, čímž by mohlo dojít k jakémukoli nežádoucímu poškození šroubu nebo motoru.



*Obr. 40 Pohon mechanismu přesouvání sedel*

Jak bylo již uvedeno výše, o pohon mechanismu přesouvání sedel se stará servomotor, který byl s kuličkovým šroubem přesouvání propojen pomocí hřídelové spojky od firmy KTR. Šroub je pak uložen ve dvojici ložiskových domečků HIWIN.

Pod tyto domečky bylo nutné vytvořit vymežovací podložky, protože použitý motor MITSUBISHI HG-KR43B má takové zástavbové rozměry, kvůli kterým bylo nutné vytvořit domek pro jeho uložení, který oddaloval ložiskové domečky o 8 mm od základní hliníkové desky.

#### **4.5.2 Seznam nakupovaných komponent**

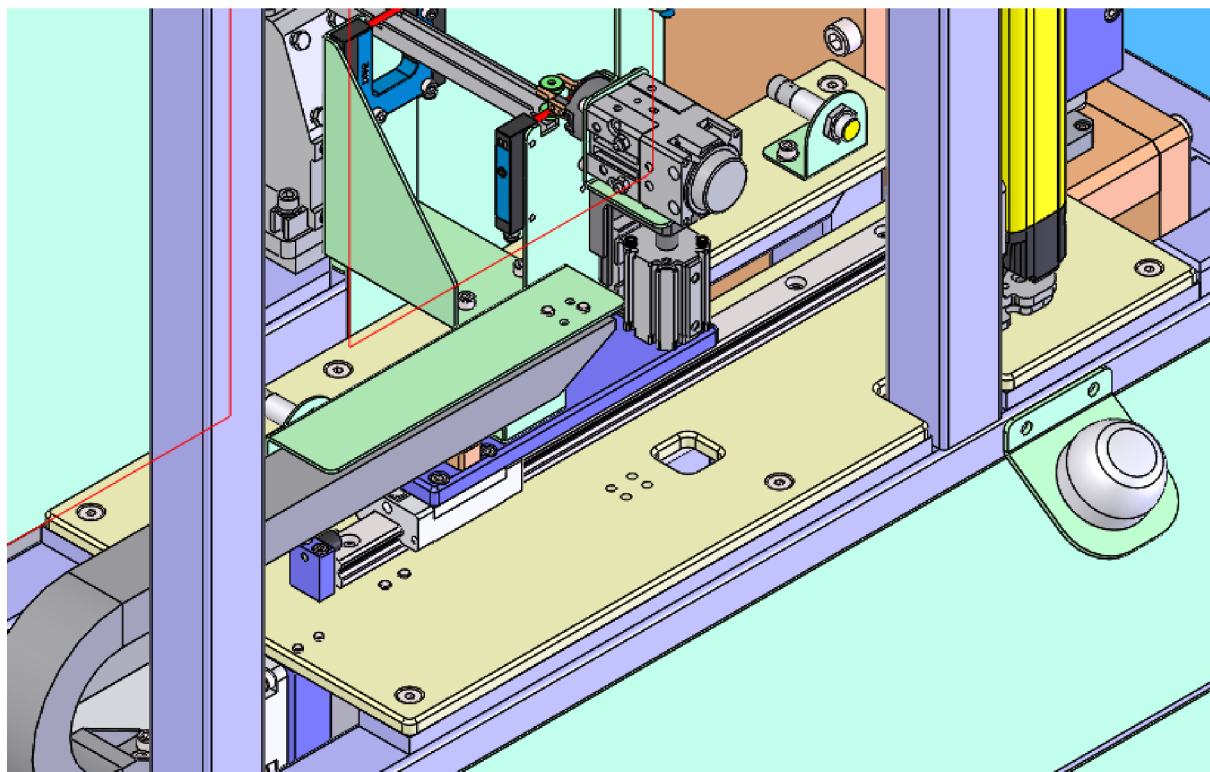
Pro sestavení kompletního mechanismu přesouvání sedel bylo nutné nakoupit tyto komponenty:

Indukční snímač SICK IME12-06N	2 ks
Lineární vozík HIWIN EGH 20 CA	1 ks
Kolejnice lineárního vedení HIWIN EGR 20 R	1 ks
Kuličkový šroub s maticí HIWIN R12-05-FSC	1 ks
Ložiskový domeček HIWIN BK 10	1 ks
Ložiskový domeček HIWIN BF 10	1 ks
Hřídelová spojka KTR ROTEX GS 14	1 ks
Motor MITSUBISHI HG-KR43B	1 ks
Válcový silentblok KIPP K0571.01001055	2 ks
Pneumatický válec SMC MRHQ1D-180S	1 ks
Pneumatický válec SMC MXZ25-15L	1 ks
Kabelový řetěz KABELSCHLEPP QT0320	1 ks



### 4.5.3 Hotový mechanismus

Celý mechanismus přesouvání sedel byl pak přichycen přes základní hliníkovou desku k rámu celého stroje.



*Obr. 41 Uchycení mechanismu přesouvání sedel k rámu stroje*

## 4.6 Základní rám stroje

Všechny sestavy, mechanismy a stanice bylo na závěr konstrukčního návrhu nutné propojit pomocí rámu. Tento rám pak bude sloužit jako nosná konstrukce při veškerých manipulacích s hotovým strojem. K základovému rámu byly přichyceny také ovládací prvky pro pracovníky obsluhy, ochranné kryty a výškově stavitelné nohy.

### 4.6.1 Popis konstrukčního řešení rámu stroje

#### Konstrukční možnosti

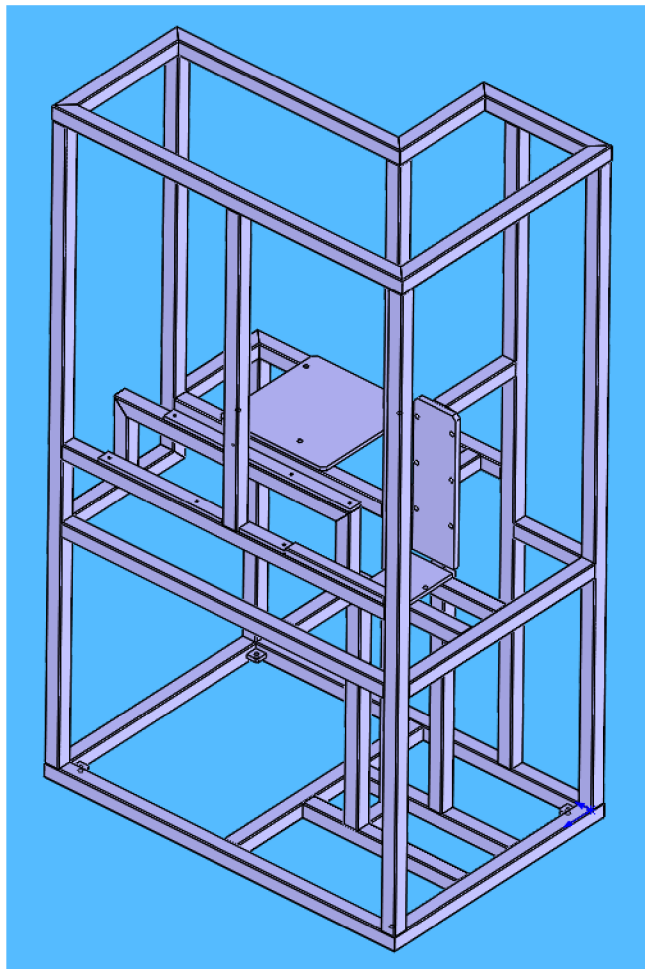
Základní rám stroje bylo možné vytvořit dvěma způsoby.

První variantou by byly hliníkové profily spojené šroubovými spoji. Hliníkové profily je možné propojit jakkoli mezi sebou, čímž je možné docílit všemožných tvarů rámu. Protože se ale k základnímu rámu musí přichytit součásti jako je vibrační zásobník a stanice lisování sedel, nebyla tato varianta považována za vhodnou. Vibrační zásobník by mohl hliníkové profily rozvibrovat a sedla by na konci vibrační lišty nemusela být v pevně definované pozici.

U stanice lisování je velmi důležitá její celková tuhost. Ta by ale při použití hliníkových profilů nebyla na tak dobré úrovni jako při použití svařovaného rámu z ocelových profilů.

#### Použité řešení

Základní rám byl tedy navržen jako svařenec ocelových profilů osazen opracovanými deskami se závity určenými pro přichycení jednotlivých stanic a mechanismů, jak je vidět na Obr. 42.



Obr. 42 Základní rám stroje

## 4.7 Ochranné kryty

Aby se do stroje nemohl dostat pracovník obsluhy, který by se tak mohl poranit, nebo aby do stroje nemohly spadnout nějaké předměty, které by mohly stroj poškodit, bylo nutné stroj zakrytovat ochrannými kryty.

### 4.7.1 Popis konstrukčního řešení

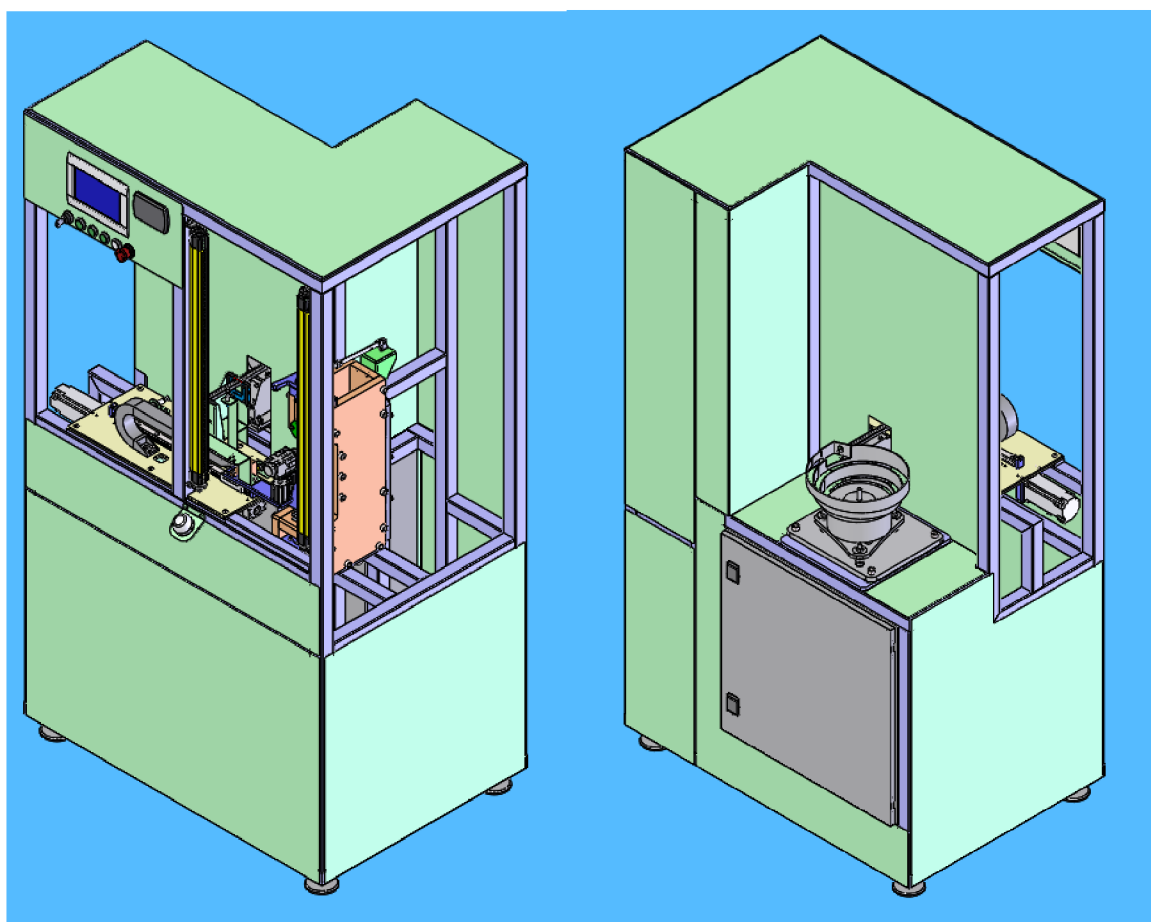
#### Konstrukční možnosti

Pro zakrytování stroje bylo možné použít plechové kryty. Takové kryty mají výhodu ve své pevnosti, protože např. oproti polykarbonátovým krytům odolají případným nárazům např. od vysokozdvíhových vozíků, kterých se na výrobní hale pohybuje velké množství. Jejich nevýhodou je však skutečnost, že přes ně není nic vidět.

Oproti těmto plechům bylo možné stroj osadit polykarbonátovými kryty, které tedy nemají takovou pevnost jako plechové, ale pracovník obsluhy je schopen přes ně kontrolovat, co se ve stroji děje.

#### Použití řešení

Pro tento stroj byla zvolena kombinace obou variant ochranných krytů. Ve spodní části stroje, tedy tam, kde by mohlo hrozit větší riziko nárazu např. vysokozdvíhového vozíku, byly použity plechové kryty. V horní části stroje, tedy v úrovni očí pracovníka obsluhy, bylo využito krytů polykarbonátových (Obr. 43).



Obr. 43 Pohled na zakrytování stroje (vlevo- pohled zepředu, vpravo-pohled zezadu)

## 4.8 Ovládací prvky stroje

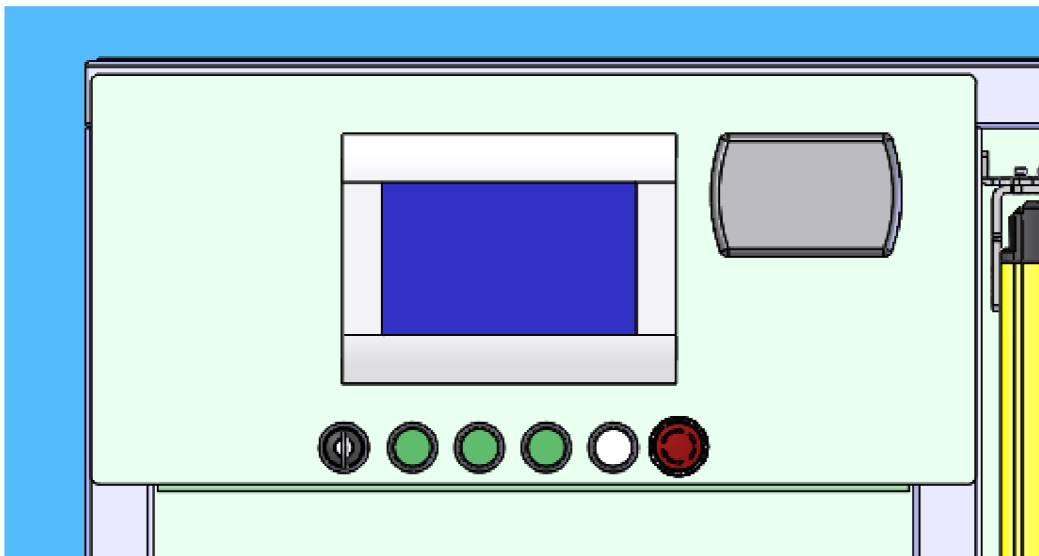
Aby mohli pracovníci obsluhy stroj jednoduše ovládat, je osazen několika ovládacími prvky.

### 4.8.1 Popis konstrukčního řešení

#### Konstrukční možnosti

Základní ovládací prvky jako např. přepínač automatického a manuálního režimu nebo resetovací tlačítko a tlačítko HOME by bylo z hlediska vedení kabelů k těmto prvkům vhodné umístit přímo na skříň elektrického rozvaděče. Zákazník si ale vysloveně přál, aby byl elektrický rozvaděč umístěn zezadu stroje a tyto ovládací prvky tak byly umístěny na čelní stěně stroje.

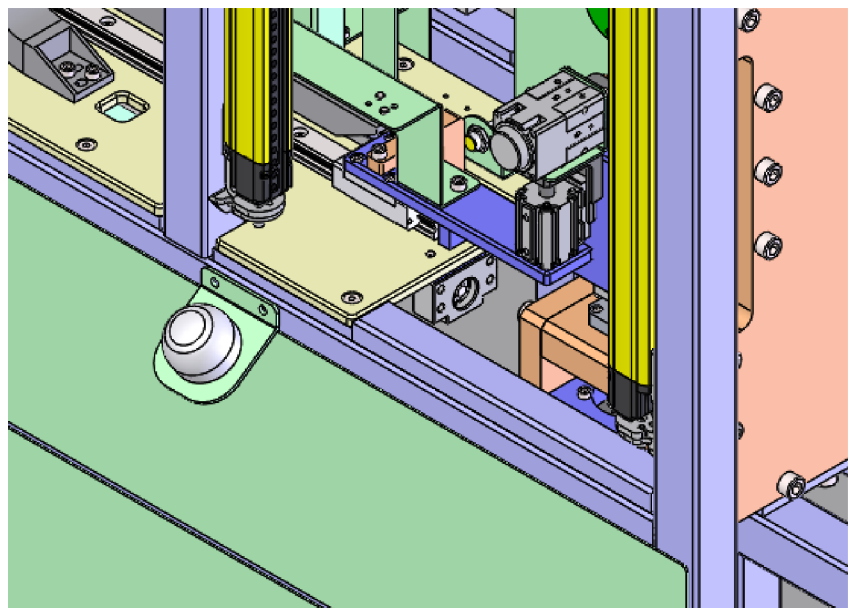
#### Použité řešení



Obr. 44 Základní ovládací prvky stroje

Základní ovládací prvky stroje byly tedy umístěny zepředu na plechovém krytu stroje ve výšce očí pracovníka obsluhy. Na Obr. 44 je vidět rozložení prvků přímo na stroji. Jsou to zleva: přepínač režimů AUTO/MANUAL, READY ON, AUTO, HOME, RESET a TOTAL STOP.

Po tom, co pracovník obsluhy stroje založí válec Lower cylinder do stanice lisování a vysune ruce z dosahu optických bran, dotkne se kapacitního tlačítka, kterým udá stroj do chodu. Toto tlačítko bylo umístěno na rám vlevo od přístupového okna pro obsluhu (Obr. 45).



Obr. 45 Umístění kapacitního tlačítka

## 4.9 Bezpečnost práce na stroji

Aby při práci na tomto nemohlo dojít k poranění pracovníka obsluhy, bylo nutné do stroje zakomponovat bezpečnostní prvky.

Základními bezpečnostními prvky jsou všechny ochranné kryty, které mechanicky brání vniknutí obsluhy do pracovního prostoru stroje. V plechových ani v polykarbonátových krytech nejsou slepé otvory, kterými by se daly prostrčit prsty pracovníka obsluhy k nebezpečným částem stroje.

Protože musí být pro vkládání válců Lower cylinder ve stroji okno, kterým se může pracovník obsluhy k nebezpečným mechanismům stroje dostat, bylo nutné ke stroji přichytit optické brány, které po přerušení zastaví veškeré pohyby ve stroji. Vzdálenost optických bran od nebezpečného místa byla však nutná ověřit kontrolním výpočtem.

### Výpočet bezpečné vzdálenosti optických bran od nebezpečného místa

Nebezpečná místa stroje jsou v okně umožňující přístup obsluze celkem 3.

První nebezpečné místo je na stanici lisování, a to konkrétně mezi lisovacím trnem a válcem Lower cylinder. Pracovník obsluhy by do tohoto místa mohl strčit prst, který by mu byl vlisován do válce Lower cylinder.

Dalším nebezpečným místem je viditelná čelní plocha válce Lower cylinder, na kterou tlačí přítlačná klapka mechanismu přítlaku válce. Tady by si mohl pracovník obsluhy stroje přiskřípnout prst mezi přítlačnou klapkou mechanismu přítlaku a válcem Lower cylinder.

Posledním nebezpečným místem je přijíždějící mechanismus přesuvu sedla. Na tomto mechanismu by si sice nemohl pracovník obsluhy přiskřípnout prst, ale hrozí zde nebezpečí leknutí se pohybujícího se mechanismu. Při takovém leknutí by pak pracovník mohl uhnutím ruky sáhnout do výše zmíněných míst a tím by mohlo hrozit nebezpečí popsané výše.

Při stanovení bezpečnosti je třeba brát v potaz dobu zastavení jednotlivých mechanismů a míru rizika vzniku úrazu v takových situacích.

Zjištění doběhového času pneumatického válce přítlačné klapky není v této fázi prakticky možné. Záleží totiž na přesné délce vzduchových hadic, které vedou z ventilu k pneumatickému válci. V tuto chvíli je tedy možné zjistit pouze čas, za který se přesune šoupátko ve vzduchovém ventilu ve ventilovém bloku. Zbývající čas je pak možné pouze odhadovat.

Jednotlivé doběhové časy elektrických komponent je pak možné najít v katalogových listech jednotlivých výrobků.

Doběhový čas servomotorů osazených brzdami: 0,02 s

Doběhový čas přesunutí šoupátka v pneumatickém ventilu 0,016 s

Čas sepnutí optické brány 0,012 s

Čas sepnutí bezpečnostního relé 0,012 s

Doběhový čas pneumatického válce přítlačné klapky: Jak již bylo zmíněno výše, tato hodnota se nedá v tuto chvíli s jistotou říct. Její hodnotu je možné pouze odhadovat, proto odhaduji dvojnásobek doby doběhu přesunutí šoupátka v pneumatickém ventilu, tedy čas 0,032 s.

Výpočetní vzorec:

$$S = 2000 * T + 8 * (d - 14)$$

kde  $S$  je bezpečná vzdálenost paprsků optických bran od nebezpečného místa [mm]

$T$  je celková doba doběhu systému [s]

$d$  je rozlišení optické brány [mm]

Rozlišení optické brány pro tento stroj bylo zvoleno na 14 mm, proto ve výpočtu odpadá druhý člen rovnice. Pro můj účel postačí pouze rovnice:

$$S = 2000 * T$$

Po dosazení pro mechanismus přesuvu čidel a jezdce lisování:

$$S = 2000 * (0,02 + 0,012 + 0,012) \text{ mm}$$

$$S = 88 \text{ mm}$$

Po dosazení pro přítlačnou klapku:

$$S = 2000 * (0,016 + 0,032 + 0,012 + 0,012) \text{ mm}$$

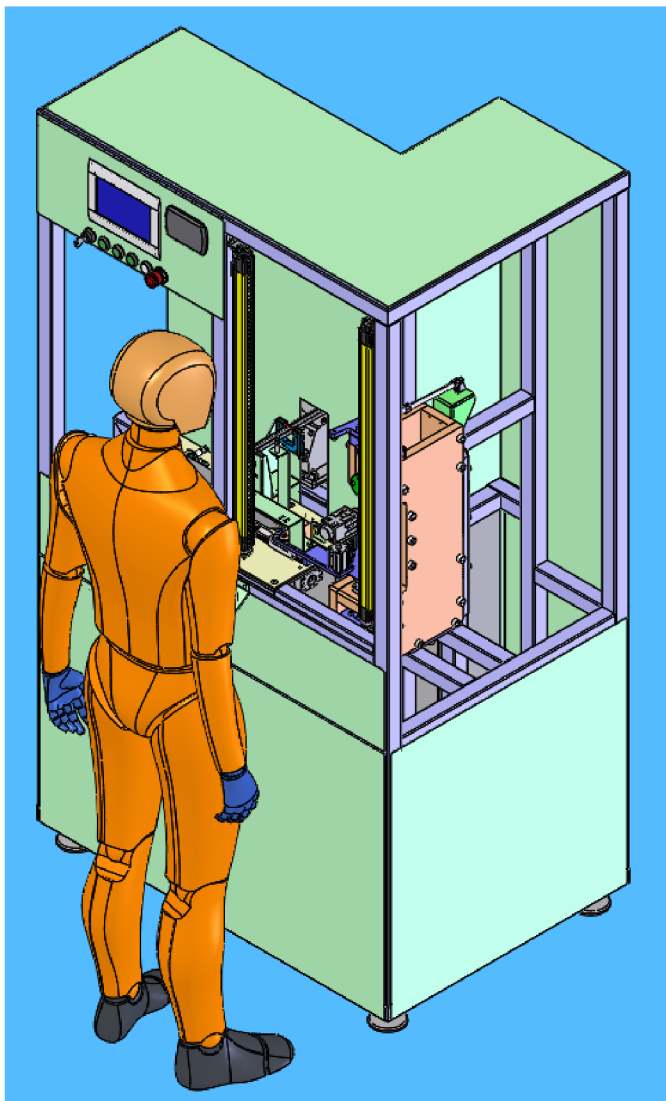
$$S = 144 \text{ mm}$$

Vzdálenost optických bran od přítlačné klapky je tedy vhodné umístit alespoň do vzdálenosti 144 mm od nejbližšího místa, kam by se mohla ruka pracovníka obsluhy dostat. Pro zvýšení bezpečnosti by však bylo vhodnější brány umístit ještě o kus dále, protože jak již bylo řečeno, v tuto chvíli není nikdo schopen říct, za jak dlouhou dobu se válec přítlačné klapky zastaví. Jediný omlouvající argument v této situaci by mohla být skutečnost, že přítlačná klapka tlačí na plochu válce Lower cylinder silou 21 N, a to přes pryžové silentbloky. Takto přítlačený prst by na svém povrchu nejevil žádné známky poranění.

## 4.10 Pracovní ergonomie

V této části práce je popsáno, jak a kam musí pracovník obsluhy sahat a je zde posouzeno, zda je toto pro něj pohodlné nebo ne.

### 4.10.1 Popis pracovních míst



*Obr. 46 Pohled na stroj zepředu z hlediska ovládání*

Před zahájením práce na stroji musí pracovník obsluhy stroj spustit. Toto udělá pomocí tlačítek umístěných pod informačním displayem. Pro zahájení servisních prací si klíčkem přepne do polohy MAN, kdy si může stroj ovládat manuálně. V případě zahájení výrobních operací přepne pracovník klíček do polohy AUTO. Poté příslušnou kombinací tlačítek READY ON, HOME a AUTO uvede stroj do chodu.

Tyto úkony může provádět kteroukoli rukou bez větších dovedností.

Po uvedení stroje do chodu, musí pracovník vložit do stroje sedla. To provede zezadu stroje vsypáním sedel do vibračního zásobníku. Pro provedení tohoto úkolu nemusí mít pracovník výhled do stroje ani poté nemusí mačkat žádné tlačítko.

Když jsou sedla vsypána do zásobníku, může pracovník obsluhy začít zakládat válec Lower cylinder do stanice lisování. Toto je prováděno pravou rukou, protože většina pracovníků jsou praváci.

Tento úkol vyžaduje malou míru zručnosti a je proto vhodné z hlediska ergonomie, aby byl úkol prováděn, pokud možno, jistější rukou, tedy pravou.

Po založení válce do stroje pak pracovník obsluhy stiskne levou rukou kapacitní tlačítko, čímž uvede stroj do chodu.

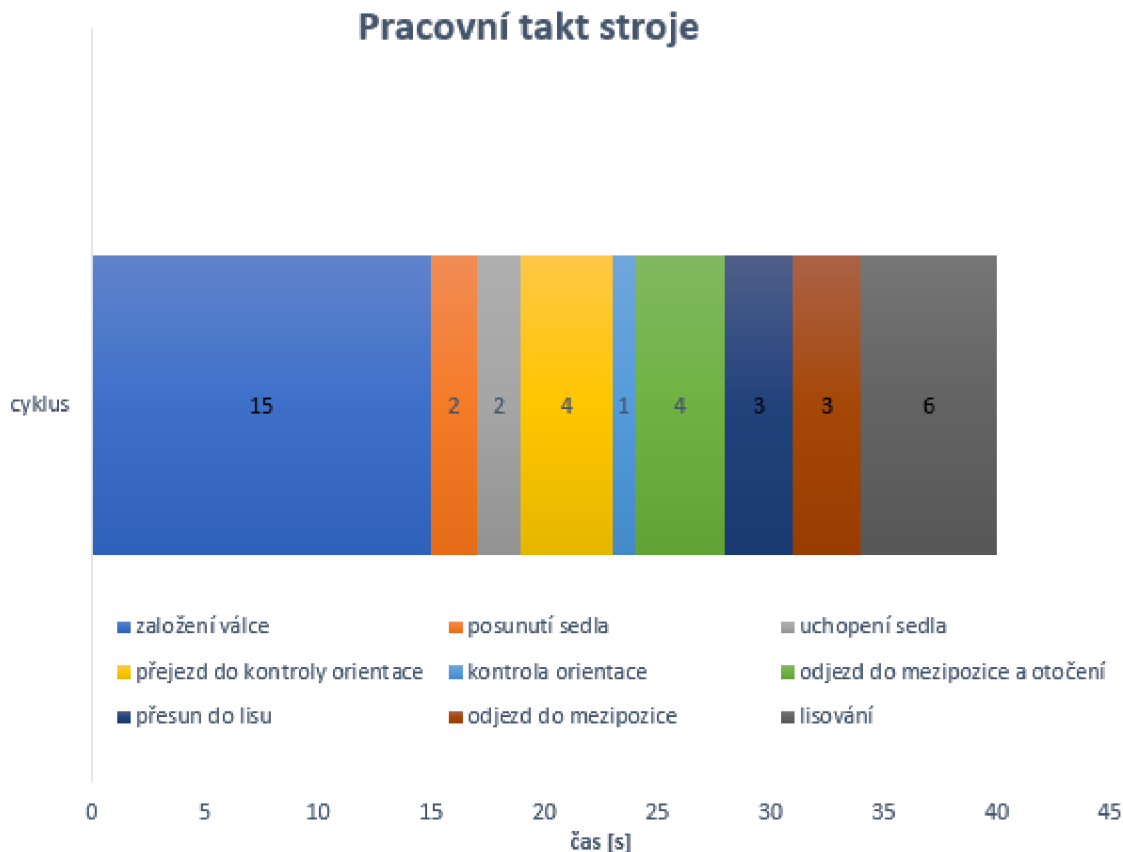
Po zalisování sedla do válce je pak pracovníkovi umožněno vysunout válec ze stroje ven. Toto je prováděno pravou rukou.

V případě, že dojde k nesprávnému zalisování sedla do válce, je ke stroji přivolám nadřízený pracovník výrobního sektoru, který přiloží svoji zaměstnaneckou identifikační kartu ke čtečce umístěné napravo od informačního displaye. Tato čtečka je umístěna v těsné blízkosti displaye, takže nadřízený pracovník vidí ihned na informačním displayi, jaká chyba nastala.



## 4.11 Pracovní takt nového stroje

Zadavatelem stroje byla předem určena doba jednoho pracovního cyklu na 60 s. Za tuto dobu musí pracovník obsluhy vložit válec Lower cylinder do stanice lisování a stroj musí být následně schopen ve zbývajícím čase automaticky provést zbylé operace popsané výše.



*Obr. 47 Graf pracovního cyklu stroje*

Protože stroj v tuto chvíli ještě nebyl vyroben, bylo třeba časy jednotlivých operací odhadovat. Graf na Obr. 47 ukazuje celkovou dobu jednoho pracovního cyklu 40 s, což splňuje požadavky zadavatele stroje. V grafu je pak vidět, že největší časovou položku zabírá samotný pracovník obsluhy. Z tohoto důvodu bude tedy doba jednoho pracovního cyklu nejvíce závislá právě na rychlosti práce pracovníka obsluhy stroje.

## 5 ZÁVĚR

Zadáním této práce bylo vytvořit konstrukční návrh nového stroje pro lisování sedel do válců Lower cylinder, které jsou součástí kompresorů klimatizací. V práci je detailně popsán celý průběh konstrukčního řešení celého stroje.

Stroj splňuje podmínky zadavatele DAIKIN DEVICE s.r.o. Činnost stroje je v poloautomatickém režimu, to znamená, že pracovník obsluhy zakládá do stroje pouze komponenty a stroj pak automaticky provede jejich kompletaci.

Při konstrukčním navrhování stroje bylo nutné provést malé odchylky od zadání zákazníka. Tyto odchylky se však týkaly pouze výběru některých nakupovaných komponent. Po vzájemné dohodě se zadavatelem stroje bylo na tyto změny upozorněno a zákazník neměl s těmito změnami problém.

Z hlediska bezpečnosti a ergonomie byla provedena analýza pohybu pracovníka v prostoru stroje a pro zajištění jeho bezpečnosti byl stroj osazen bezpečnostními prvky, které zajišťují bezpečnost při práci na tomto zařízení.

Podle konstrukčního návrhu stroje je možné nechat vyrobít jednotlivé díly a nakoupit potřebné komponenty pro montáž celého zařízení. Zákazník však bude ještě provádět drobné změny na tvaru kruhových sedel, proto je třeba se zahájením výroby stroje ještě počkat, až bude k dispozici finální podoba sedel. Tyto změny však nijak neovlivní vzhled ani funkci stroje. Bude se jednat pouze změny týkající se sražení a zaoblení hran na kruhových sedlech. Po specifikaci finální podoby sedel bude možné upravit v konstrukčním návrhu podobu lisovacího trnu tak, aby tvarově přesně odpovídal finálnímu tvaru kruhových sedel.

Z hlediska sebehodnocení bych sám sobě doporučil pro další práce na konstrukčních návrzích prokonzultovat funkci stroje před začátkem jeho konstrukčního návrhu s technickými poradci dodavatelů nakupovaných prvků. Já jsem toto učinil až v průběhu navrhování stroje. Proto bylo stroj nutné v průběhu navrhování podstatně změnit a vytvořit tak lepší řešení.



## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SICK. *Indukční snímače: IME08-06NPSZT0K* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/indukcni-snimace/indukcni-snimace/ime/ime08-06npszt0k/p/p375910Hiwin.cz>
- [2] SICK. *Indukční snímače: IME12-06BPOZC0S* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/indukcni-snimace/indukcni-snimace/ime/ime12-06bpozco0s/p/p375920>
- [3] SICK. *Vidlicové snímače: WFL30-40B416* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/vidlicove-snimace/wfl/wfl30-40b416/p/p151096>
- [4] KEYENCE. *Hlavní jednotka, typ s ochranou prstů, 71 optických os: GL-R71F*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.keyence.eu/cscz/products/safety/light-curtain/gl-r/models/gl-r71f/>
- [5] SMC. *Kruhový válec, ISO 6432: CD85N10-100* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/c85~36557~nav?productId=158368&partNumber=C85N10-100>
- [6] SMC. *Kombinovaný kyvný pohon a paralelní uchopová hlavice, 2 čelisti: MRHQ10D-180S-N*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/mrhq-kombinovany-kyvny-pohon-a-paralelni-uchopna-hlavice-2-celisti~41916~cfg?partNumber=MRHQ10D-180S-N>
- [7] SMC. *Kompaktní suport, vysoce přesné valivé vedení: MXZ25-15L*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/mxz-kompaktni-suport-vysoce-presne-valive-vedeni~159232~cfg?partNumber=MXZ25-15L>
- [8] KIPP. *Pryžové silentbloky ocel nebo nerezová ocel, typ D: K0571.01001055*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://kipp.cz/cz/cs/Produkty/Ov1%C3%A1dac%C3%AD-prvky-normovan%C3%A9-d%C3%ADly/Tlumic%C3%AD-prvky/Pry%C5%BEov%C3%A9-silentbloky-ocel-nebo-nerezov%C3%A1-ocel-typ-D.html?search\\_keywords=k0571.01001055](https://kipp.cz/cz/cs/Produkty/Ov1%C3%A1dac%C3%AD-prvky-normovan%C3%A9-d%C3%ADly/Tlumic%C3%AD-prvky/Pry%C5%BEov%C3%A9-silentbloky-ocel-nebo-nerezov%C3%A1-ocel-typ-D.html?search_keywords=k0571.01001055)
- [9] RAVEO. *Planetové převodovky APEX DYNAMICS: PSII*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.raveo.cz/apex-PSII>
- [10] MITSUBISHI. *Servomotors AC servos:HG-KR series*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.mitsubishielectric.com/fa/download/cad/drv/servo/servo\\_motor/hgkr.html](https://www.mitsubishielectric.com/fa/download/cad/drv/servo/servo_motor/hgkr.html)
- [11] KTR. *Backslash-free jaw couplings: Rotex GS*. [online katalog]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.ktr.com/fileadmin/ktr/media/Tools\\_Downloads/kataloge/03\\_backslash-free\\_jaw\\_couplings\\_ROTEx\\_GS.pdf](https://www.ktr.com/fileadmin/ktr/media/Tools_Downloads/kataloge/03_backslash-free_jaw_couplings_ROTEx_GS.pdf)
- [12] KTR. *3D CAD parts assemblies*. [online]. Dostupné z: [https://onlinetools.ktr.com/3dweb/ktr\\_3dspace.php](https://onlinetools.ktr.com/3dweb/ktr_3dspace.php)
- [13] HENNLICH. *Kluzná pouzdra a vedení: iglidur g, tvar F*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/produkty/kluzna-pouzdra-a-vedeni-kluzna-pouzdra-iglidur-g-595/tvar-f-9.html>
- [14] KABELSCHLEPP. *QuickTrax series* [online katalog]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://tsubaki-kabelschlepp.com/uploads/tx\\_tkg17pim/documents/pdf/QuickTrax\\_EN\\_01.pdf](https://tsubaki-kabelschlepp.com/uploads/tx_tkg17pim/documents/pdf/QuickTrax_EN_01.pdf)

- [15] HIWIN. *Lineární vedení: vozík HGW*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/18\\_vozik-hgw](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/18_vozik-hgw)
- [16] HIWIN. *Lineární vedení: vozík EGH*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/23\\_vozik-egh](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/23_vozik-egh)
- [17] HIWIN. *Lineární vedení: Kolejnice EGR typu R*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/25\\_kolejnice-egr-typu-r](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/25_kolejnice-egr-typu-r)
- [18] HIWIN. *Lineární vedení: Kolejnice HGR typu T*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/21\\_kolejnice-hgr-typu-t](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/21_kolejnice-hgr-typu-t)
- [19] HIWIN. *Kuličkové šrouby: Jednoduchá matice přírubová FSC/FSI dle DIN 69051*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/valcovane-srouby/53\\_jednoducha-matice-prirubova-fsc-fsi-dle-din-69051](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/valcovane-srouby/53_jednoducha-matice-prirubova-fsc-fsi-dle-din-69051)
- [20] HIWIN. *Kuličkové šrouby: Ložiskové domečky BK*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/loziskove-domecky/65\\_loziskove-domecky-bk](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/loziskove-domecky/65_loziskove-domecky-bk)
- [21] HIWIN. *Kuličkové šrouby: Ložiskové domečky BF*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/loziskove-domecky/77\\_loziskove-domecky-bf](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/loziskove-domecky/77_loziskove-domecky-bf)
- [22] HIWIN. *Kuličkové šrouby: Ložiskové domečky FK*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/loziskove-domecky/176\\_prirubove-loziskove-domecky-fk](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/loziskove-domecky/176_prirubove-loziskove-domecky-fk)
- [23] HIWIN. *Lineární vedení: Katalog-Lineární vedení*. [online katalog]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/18\\_vozik-hgw](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-hg-qh/18_vozik-hgw)
- [24] HIWIN. *Kuličkové šrouby: Katalog-Kuličkové šrouby*. [online katalog]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/valcovane-srouby/53\\_jednoducha-matice-prirubova-fsc-fsi-dle-din-69051](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/kulickove-srouby/valcovane-srouby/53_jednoducha-matice-prirubova-fsc-fsi-dle-din-69051)

# SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

33620-03-01-A2\_kostka upínače

33620-03-02-A3\_válec upínače

33620-03-03-A3\_tělo vozíku lisování

33620-00-00-A0\_Injection valve seat press machine

3D model ve formátu STEP